

# PHILOSOPHIA NATURALIS

Archiv für Naturphilosophie und die philosophischen Grenzgebiete  
der exakten Wissenschaften und Wissenschaftsgeschichte

Begründet von Eduard May †

Herausgegeben von Joseph Meurers

## Kuratorium

GERHARD FUNKE, Mainz — KURT HÜBNER, Berlin — PAUL LORENZEN, Erlangen  
ALBERT MENNE, Bochum — JOSEPH MEURERS, Wien  
HELMUTH PLESSNER, Erlenbach (Schweiz) — TH. v. UEXKÜLL, Ulm

## Ständige Mitarbeiter

ERWIN BÜNNING, Tübingen — GERHARD FREY, Innsbruck  
BRUNO VON FREYTAG-LÖRINGHOFF, Tübingen — WOLFGANG KLUXEN, Bonn  
SIMON MOSER, Karlsruhe — ADOLF PORTMANN †, Basel — HERBERT PRECHT, Kiel  
BERNHARD RENSCH, Münster — HERMANN WEIN †, Göttingen  
CARL FRIEDRICH VON WEIZSÄCKER, Starnberg

Band 23



1986

VERLAG ANTON HAIN — MEISENHEIM/GLAN

138  
7

49. WECK, J. (1948): Waldgefügetypen. Allgem. Forstzeitschr., Bd. 3, Nr. 10, S. 85–89.
50. WECK, J. (1956): Entwicklungsstufen und Gefügetypen von Baumbeständen. Forstwissensch. Centralblatt, Bd. 75, S. 108–124.
51. WIEBECKE, C. (1983): Die Nachhaltigkeit – Idee, Prinzip, Realität in der Forstwirtschaft – als Objekt der Forschung. Forstarchiv, 54. Jg., Nr. 5, S. 171–172.
52. WOHLFARTH, E. (1953): Waldkunde. Neumann Verlag, Radebeul und Berlin.

Rolf Hennig  
 Buschweg 10  
 D-2000 Norderstedt

## Systeme und Prozesse – Gedanken zu einer Theorie\*

VON DIETRICH FLIEDNER, Saarbrücken

### 1. Der allgemeine Rahmen

#### 1.0. Einleitung

Systeme und Prozesse werden von Wissenschaftlern der unterschiedlichsten Disziplinen untersucht, z. B. von Physikern (thermodynamische Systeme und Prozesse), Biologen (Organismen, Populationen; Lebens-, Alterungsprozesse), Geographen (Ökosysteme, Stadt-Umland-Systeme, Diffusionsprozesse), Soziologen (Soziale Systeme; Sozialer Wandel) und Ökonomen (Betriebe, Wirtschaftssysteme; Konjunkturzyklen, Innovationen). Es wird hier deutlich, daß eine große Zahl von Strukturen und Abläufen eine gemeinsame metatheoretische Grundlage besitzt, so daß sich ein generelles Interesse an der Lösung dieser Probleme herausgebildet hat.

Systeme und Prozesse besitzen im allgemeinen einen sehr komplizierten Aufbau, der sich nur durch Beobachtung und unter Verwendung bestimmter Testverfahren annähernd beschreiben läßt. Andererseits bestehen aber auch komplexe Sachverhalte aus einer mehr oder weniger großen Zahl von einfachen Beziehungen, die sich formal beschreiben lassen. Diese Überlegung gab Veranlassung, über eine generell gültige Rahmentheorie nachzudenken, die sich aus einer großen Zahl von untereinander verknüpften Gleichungen zusammensetzt.

In früheren Arbeiten (1984, 1985) habe ich – aus anthropogeographischer Sicht – versucht, die Grundgedanken darzulegen und eine erste Systematik der Strukturen und Prozesse vorzunehmen; dabei konnte eine Anzahl Formeln vorgestellt werden. Hier, in der nun vorliegenden Arbeit, soll gezeigt werden, daß die Formeln sich letztlich auf eine einzige Zuordnungsvorschrift zurückführen lassen. Außerdem soll die Verknüpfung anhand einzelner Formelsequenzen aufgezeigt werden, um beispielhaft den Ablauf der Prozesse deutlich zu machen.

Es ist nicht geplant, die Formeln streng mathematisch abzuleiten; dies ist hier nicht möglich. Vielmehr sollen die Zusammenhänge und Vorgänge aus der Struktur der Systeme und der Dynamik der Prozesse heraus inter-

\* Ich danke Herrn Dipl. Math. Dr. Werner Flacke für die Durchsicht des Manuskripts, insbesondere der Abschnitte mit mathematischem Inhalt. Seine kritischen Anmerkungen und Verbesserungsvorschläge waren für mich sehr wertvoll. Auch die Herren Dipl. Geogr. Peter Dörrenbächer und cand. phil. Gert Körner gaben wichtige Anregungen, für die ich dankbar bin.

pretiert werden; so mögen sich die Umrissse eines theoretischen Rahmens abzeichnen, dessen Ausfüllung zukünftiger Arbeit überlassen werden muß.

### 1.1. Systeme und ihre Veränderung

Bekanntlich wird unter einem System eine Menge von Elementen verstanden, die zueinander in Beziehung stehen. So bildet das System eine Ganzheit, die sich nach außen gegen die Umwelt abgrenzen läßt, aber auch Beziehungen zu anderen Systemen – in der Umwelt – unterhält (Kap. 1.2.). Zum Beispiel können in einem Ökosystem die Individuen als Lebewesen als Elemente betrachtet werden, in einem sozialen System die Rollen, die die Individuen in ihnen spielen. Beziehungen bedeutet, daß die Systeme im Informations- und Energiefluß stehen. Der Prototyp eines Systems besitzt nur einen Eingang und einen Ausgang. Die Form der Energie wird im System und in den Elementen umgewandelt. Dies erfolgt im Rahmen von Prozessen. Auch Prozesse bilden eine Ganzheit, mit einem Anfang und einem Ende (Kap. 1.3.); sie setzen sich aus einer großen Zahl von Einzelprozessen zusammen, die in bestimmter Weise koordiniert sind.

Die Umwandlung der Energie benötigt Zeit. Dies wird durch das bekannte Faltungsintegral ausgedrückt (N. Wiener 1968, S. 127 f.), das Eingang und Ausgang in eine bestimmte Relation zueinander setzt. Die Vorgänge im Inneren des Systems werden dadurch nicht beschrieben. Sie sollen – basierend auf Untersuchungen an Sozialsystemen und unter Berücksichtigung von Vorarbeiten über biotische Systeme – der Gegenstand dieser Untersuchung sein.

Informations- und Energiefluß dienen der Erhaltung oder der Veränderung der Systemstruktur. Man kann sich vorstellen, daß eine Gruppe von Konsumenten (= eine Umwelt) über den Markt Produkte nachfragt; hierdurch wird eine Gruppe gleichartig produzierender Betriebe (= System mit den einzelnen Betrieben als Elementen) zur Produktion angeregt. Der Energiefluß wird durch Rohstoffaufnahme (ebenfalls aus einer Umwelt) und Produktenveredelung und -weitergabe gekennzeichnet. Genauer: Von der übergeordneten Umwelt – die ihrerseits aus weiteren Systemen besteht – wird Energie nachgefragt. Diese Information gelangt in das System, zu den Elementen und zur dem System untergeordneten Umwelt. Durch diesen Informationsfluß wird die untergeordnete Umwelt angeregt, Energie als Rohstoff in die Elemente zu liefern, die diese zu Produkten umformen. Diese gelangen in das System und von dort über den Markt wieder in die nachfragende übergeordnete Umwelt.

Daneben ist zu berücksichtigen, daß die Elemente nur ein gewisses Alter erreichen. So altern die Betriebe, die Maschinen und Gebäude müs-

sen sukzessive erneuert werden. In ähnlicher Weise gilt dies für Ökosysteme, deren Populationen ökologische Nischen ausfüllen und deren Elemente die einzelnen Lebewesen sind (P. Müller 1981). Hier werden ja die Elemente selber nachgefragt, d. h. der Energiefluß kommt durch Fressen und Gefressenwerden zustande. In jedem Fall müssen die Elemente ersetzt werden, die Systeme müssen sich durch Reproduktion erneuern.

So haben die Elemente zwei Aufgaben: die Umwandlung von Rohstoffen in Produkte und die Eigenvermehrung oder -vergrößerung. Dem entsprechend gehören sie zu zwei Systemtypen (Kap. 1.2.; 1.3.; 2.3.).

Energiezufuhr und -umwandlung ist also jedem System eigen. Sie sind nötig, um der bei jedem Prozeß, jeder Energieumwandlung auftretenden Entropie entgegenzuwirken. Ohne Energiefluß würden die Systeme zerfallen. Energiefluß und Systemstruktur sind also aufeinander abgestimmt. Entspricht das Angebot an Energie der Nachfrage, so befindet sich das System im Gleichgewicht. Tritt jedoch eine Änderung, z. B. eine Erhöhung in der Nachfrage nach Energie ein, so ändert sich die Situation im System. So mögen in unserem Beispiel eines ökonomischen Systems die Betriebe als die Elemente ihre Produktion vorübergehend erhöhen. D. h. die Elemente im Grundzustand sind von den Elementen im angeregten (oder überlasteten) Zustand zu unterscheiden. Eine solche vorübergehende Erhöhung der Produktion der Elemente mag ausreichen, bis sich die Nachfrage wieder erniedrigt. Das System ist in dem Fall nur wenig vom Gleichgewicht entfernt. Erhöht sich die Nachfrage aber stärker und nachhaltig, so entfernt sich das System stark vom Gleichgewicht. Jetzt wird wirksam, daß die Elemente auch einem zweiten Systemtyp angehören, dem Nichtgleichgewichtssystem. Die in den Elementen zusätzlich hergestellten Produkte müssen dann in einem zweiten Schritt umgesetzt werden, um die Elementzahl zu erhöhen. Ein strukturverändernder Prozeß setzt ein. Ist dieser Prozeß dann beendet, können die Elemente wieder in den Grundzustand zurückkehren, da nun ja mehr Elemente als vorher produzieren (Kap. 2.1.). Der Umfang der zusätzlichen Anregung oder Mehrproduktion eines Systems kann durch Vergleich mit den entsprechenden Werten im Grundzustand gemessen werden. Wir sprechen von Elementeneinheit und meinen den Wert eines Elementes im Grundzustand (Kap. 1.4.).

Insgesamt gibt es also vier Möglichkeiten des Systemverhaltens:

- 1) Es wird keine Energie eingebracht; das System zerfällt.
- 2) Der Energiefluß hält das System im Gleichgewicht; strukturerhaltender Prozeß.
- 3) Der Energiefluß wird wenig und vorübergehend verändert; die Elemente werden zeitweise nicht ausgelastet oder überlastet, das System reagiert elastisch.

- 4) Der Energiefluß wird stark und dauernd vermindert oder erhöht; ein strukturverändernder Prozeß ist die Folge.

In der folgenden Beschreibung (Kap. 1.2. und 1.3.) werden strukturerhaltende und strukturverändernde Prozesse zugrundegelegt.

### 1.2. Vertikales Spannungsfeld: Die Bindungsebenen

Es wird hier angenommen, daß jedes System einen Eingang und einen Ausgang besitzt und daß es in einem übergeordneten Zusammenhang im Energiefluß eingeordnet ist. Energiefluß ist die Antwort auf den Informationsfluß, d. h. auf die Nachfrage; das in der übergeordneten Umwelt bestehende Defizit regt den Energiefluß an.

Gehen wir zunächst in der Beschreibung eines seine Struktur nicht verändernden Systems aus (Kap. 1.1.); es befindet sich in einem gleichmäßigen Informations- und Energiefluß, der die Struktur erhält (struktur-erhaltender Prozeß). Ein System, das sich dadurch auszeichnet, daß die Elemente Energie beschaffen, ist ein Gleichgewichtssystem. Die Gruppierung von Elementen in gleicher Position im Informations- und Energiefluß bezeichnet man als Aggregat (D. Fliedner 1984). Der Informations- bzw. Energiefluß führt also von Aggregat zu Aggregat (Kap. 2.3.).

Wir können im Aggregat ein Spannungsfeld zwischen Nichtvorhandensein und Vorhandensein von Energie und Materie, zwischen übergeordneter Umwelt, aus der die Information oder Nachfrage kommt, und untergeordneter Umwelt, die die Materieressource darstellt, konstatieren. Es ist dies das vertikale Spannungsfeld. Im einzelnen verläuft die Information durch das System zu den Elementen, durch den Systembereich zum Elementbereich. Im Systembereich steht die Eingabe der Information in das System im Vordergrund, im Elementbereich die Abgabe der Information an die untergeordnete Umwelt, wodurch der Energiefluß oder Materiefluß angeregt wird. Daher wird der Systembereich mit einem Pluszeichen versehen, der Elementbereich dagegen mit einem Minuszeichen. Unser Beispiel (Kap. 1.1.): Die Information gelangt von der Gruppe der potentiellen Konsumenten (= übergeordnete Umwelt) über den Markt in das System der gleichartig produzierenden Betriebe. Von hier werden die Betriebe (oder Elemente) angeregt zu produzieren. Sie müssen ihrerseits ihre Roh- oder Halbfertigwaren von Betrieben beziehen, die in der Produktionskette vorgeschaltet sind, der untergeordneten Umwelt. Am unteren Rand des Elementbereiches hört der Ausbreitungsprozeß der Information auf, hier setzt sich der entgegengerichtete Energie- oder Materiefluß durch, der nach oben führt, dem Informationsfluß entgegengerichtet. In unserem Beispiel ist es der Produktenfluß bis zum Markt und der übergeordneten Umwelt.

Wenn sich nichts ändert, die Nachfrage gleichbleibt, wird auch die Energie von unten (wenn die untergeordnete Umwelt als Ressource nicht versagt) nach oben gleichmäßig fließen.

So wird dieser Systemtyp oder das Aggregat nicht nur durch die Zahl der Elemente, sondern auch durch den Umfang der Nachfrage und des Rohstoffangebotes begrenzt.

Beide Bereiche – System- und Elementbereich – haben ihrerseits, wenn wir wieder den Informationsfluß betrachten, jeweils einen Eingang und einen Ausgang, die zusätzlich mit einem Plus- bzw. Minuszeichen gekennzeichnet werden. Im vertikalen Spannungsfeld liegt der Eingang oben, der Ausgang unten, so daß wir rein beschreibend von System- bzw. Element-Oberseite und -Unterseite sprechen können. Im Energiefluß liegt natürlich der Eingang an der jeweiligen Unterseite, der Ausgang an der Oberseite, so daß die Vorzeichen umgedreht werden müssen. Insgesamt ergeben sich so vier Ebenen, die wir als Bindungsebenen bezeichnen wollen (Tab. 1).

Bindungs- ebene	Bereiche	Einzel- verknüpfungen	Operationszeichen	
			Informa- tionsfluß	Energie- fluß
1	System- bereich	Übergeordn. Umwelt/ System Oberseite	(+)	(-)
2		System Oberseite/ System Unterseite	(-)	(+)
3	Element- bereich	System Unterseite/ Element Oberseite	(+)	(-)
4		Element Oberseite/ Element Unterseite	(-)	(+)

Tab. 1: Die Bindungsebenen und die sie konstituierenden vertikalen Übergänge im Informations- und Energiefluß

Es ergibt sich eine doppelte Reihe von Operationszeichen, die jeweils ein Kürzel bilden:

(+), (+), (+), (-)  $\left\{ \begin{array}{l} \text{Bereiche (obere Reihe der Zeichen)} \\ \text{Einzelverknüpfungen (untere Reihe der Zeichen)} \end{array} \right.$

### 1.3. Das horizontale Spannungsfeld: Die Prozeßstadien

Nun nehmen wir an, daß das System soviel zusätzliche Energie liefern muß, daß es stark aus dem Gleichgewicht gebracht wird (Kap. 1.1.); ein

strukturverändernder Prozeß beginnt. Er ist dem strukturhaltenden Prozeß, den wir bereits bei der Behandlung des vertikalen Spannungsfeldes kennengelernt haben, gleichsam aufgesetzt und hat einen Anfang und ein Ende. Er ist also – wie das System – als Ganzheit zu interpretieren und erscheint im Zeitablauf polarisiert.

Gehen wir von der Vorstellung aus, daß die erste Hälfte des Prozesses die Einbringung der zusätzlichen Nachfrage beinhaltet, die zweite Hälfte des Prozesses das zusätzliche Angebot und somit die Erfüllung der zusätzlichen Nachfrage. Nun läuft dieser strukturverändernde Prozeß in seinen beiden Hälften mit der Zeit und muß gesondert von dem vorgegebenen strukturhaltenden Prozeß gesehen werden. Die zusätzliche Nachfrage wird eingebracht und ist daher mit einem Pluszeichen zu versehen; umgekehrt bedeutet das Angebot in der zweiten Hälfte des strukturverändernden Prozesses eine Abschwächung oder Aufzehrung der zusätzlichen Nachfrage, daher ist die zweite Hälfte des Prozesses mit einem Minuszeichen zu versehen, das zusätzliche Angebot läuft der zusätzlichen Nachfrage entgegen. D. h., daß in den jeweils komplementären Stadien gegengerichtete Tendenzen feststellbar sind. So sind im horizontalen Spannungsfeld am Eingang die Eingabe und am Ausgang die Ausgabe in entsprechender Weise zu interpretieren wie im vertikalen Spannungsfeld.

Zur Formalisierung muß zudem folgende Überlegung angestellt werden (Abb. 1): Aus der zeitlich vorgeschalteten Umwelt kommt, wie gesagt, die zusätzliche Nachfrage; sie geht in das System ein und stimuliert den Prozeß (Einbringung der Nachfrage). Dann werden die Elemente, also die Ausführenden, angeregt, sich umzustellen. Im Ergebnis werden die Produkte der nachgeordneten Umwelt übergeben (Ausführung des Angebots). So müssen im Zeitablauf die Ganzheit des Prozesses und die Ausführenden (als Elemente) unterschieden werden, im Prozeßablauf werden sie nacheinander beansprucht. Es lassen sich also nicht nur infolge der Gegenüberstellung von Eingang und Ausgang, sondern auch von der Sequenz „Prozeß als

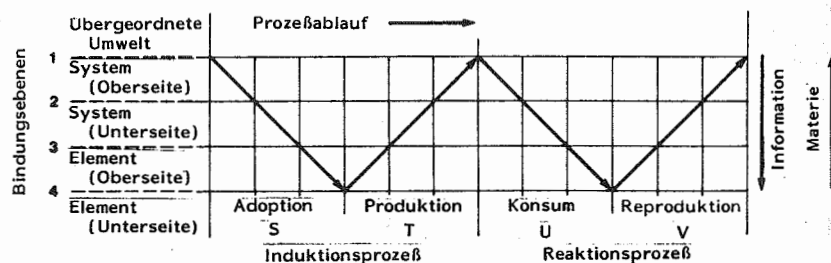


Abb. 1: Strukturdiagramm der Prozeßtypen und Bindungsebenen

Stadien	Halbprozesse	Einzelverknüpfungen	Einzelvorgänge
1	(+ ) Einbringen der Nachfrage (Prozeß als Ganzheit)	(+ ) Vorgeschaltete Umwelt/ System Vorderseite	Aufnahme in den Prozeß
2		(- ) System Vorderseite/ System Rückseite	Abgabe an die Ausführenden
3	(- ) Ausführen des Angebots (Ausführende des Prozesses)	(+ ) System Rückseite/ Element Vorderseite	Aufnahme durch die Ausführenden
4		(- ) Element Vorderseite/ Element Rückseite	Abgabe an den folgenden Prozeß

Tab. 2: Die Prozeßstadien und die sie konstituierenden Vorgänge

Ganzheit“ und „Ausführende des Prozesses“ her zwei Halbprozesse unterscheiden. Diese Halbprozesse besitzen im horizontalen Spannungsfeld ihrerseits jeweils eine Vorder- und eine Rückseite. So lassen sich insgesamt vier Stadien unterscheiden; das erste und dritte Stadium werden mit einem Plus-, das zweite und vierte aber mit einem Minuszeichen bedacht (Tab. 2). Damit erhält man auch im horizontalen Spannungsfeld vier verschiedene Operationskürzel:

(+), (+), (-), (-)  $\left\{ \begin{array}{l} \text{Halbprozesse (obere Reihe der Zeichen)} \\ \text{Einzelverknüpfungen (untere Reihe der Zeichen)} \end{array} \right.$

Diese Rechenvorschrift, identisch mit der des vertikalen Spannungsfeldes, erweist sich somit als Basis für die gesamte Theorie. Im horizontalen Spannungsfeld ist eine Umkehrung der Reihenfolge der Operationskürzel allerdings nicht möglich.

Wie bereits angedeutet (Kap. 1.1.), vollzieht sich die Strukturveränderung in einem zweiten Prozeßtyp, dem Nichtgleichgewichtssystem. Es besteht aus mehreren hintereinandergeschalteten Gleichgewichtssystemen (Kap. 3.). Auf die mit diesen Prozessen verbundene Bildung räumlicher Muster soll in diesem Zusammenhang nicht näher eingegangen werden (D. Fliedner 1981a).

#### 1.4. Systemeigenschaften in den vier Bindungsebenen

Es wurden bereits in den vorhergehenden Kapiteln Systeme und Prozesse unter verschiedenen Gesichtswinkeln betrachtet. Um zu einem klaren Verständnis der Bedeutung der Prozesse zu gelangen, muß überlegt werden, welche Systemeigenschaften in den vier Bindungsebenen erhalten

oder verändert werden. Energiefluß hängt erstens von der Leistung der Elemente ab und zweitens von der Möglichkeit, Rohstoffe und Produkte zu beziehen bzw. weiterzugeben, d. h. vom Zu- und Abgang. Dies hängt wiederum von der Wahrscheinlichkeit ab, mit der die Elemente im Informations- bzw. Energiefluß mit den Elementen der vor- bzw. nachgeschalteten Umwelt in Kontakt geraten. Man kann sich leicht denken, daß Raubtiere sich besser ernähren können, wenn die Dichte der Beutetiere größer ist, oder daß ein Produkt um so schneller verbreitet werden kann, je mehr potentielle Abnehmer in einem bestimmten dreidimensionalen Raum (kurz: <sup>3</sup>Raum) vorhanden sind. D. h. sowohl eine Änderung der Elementzahl als auch eine solche der Distanzen bedingen eine Änderung im Energiefluß.

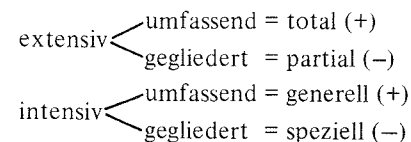
Schmithüsen entwickelte (1976, S. 6 f.) ein Schema, um die Struktur der Denkvorgänge zu präzisieren. Man darf behaupten, daß dieses Schema in der Struktur der Objekte selbst begründet ist und zum Verständnis der System- und Prozesseigenschaften verwendet werden kann (Fliedner 1984, S. 100 f.). Der Gedankengang:

Wir haben es einerseits mit Absolutwerten (Extensivwerten) und mit Relativwerten (Intensivwerten) zu tun, andererseits jeweils mit Ganzheiten (Systemen, Prozessen) und Partikeln (Elementen, Ausführenden). Dies kann man im Rahmen der Betrachtung der Systeme – und Prozesse – kombinieren:

Die extensiven Komponenten geben den <sup>3</sup>räumlichen oder zeitlichen Umfang oder die Größe an. „Total“ meint, daß die Objekte aus dem Blickwinkel der Ganzheit (Systeme, Prozesse), „partial“ aus dem der Partikel (Elemente, Ausführende) gesehen werden; d. h. im ersten Fall wird von der festen Grenze der Ganzheit aus ins Innere des Systems fortgeschritten (Eingang; Operationszeichen +), im zweiten Fall von den Partikeln, also vom Inneren der Ganzheit aus (Ausgang; Operationszeichen –). Die intensiven Komponenten beschreiben das Substantielle, die Qualität. Um sie zu verstehen, haben wir die Partikel von den Beziehungen zwischen ihnen, also dem Informations- und Energiefluß (gleichsam in den Zwischenräumen) zu unterscheiden. Die Partikel als solche können im ganzen System qualitativ als gleichartig betrachtet werden; daher kommt ihnen die Kennzeichnung „generell“ zu. Sie nehmen die Information auf, bilden den Eingang, d. h. im System die Oberseite, im Prozeß die Vorderseite. Andererseits haben sie als Ausführende verschiedene Eigenschaften, je nach den Umständen unterschiedliche Funktionen für das System; d. h. der „Zwischenraum“ wird von besonderem Informationsinhalt bzw. von besonderer Materie erfüllt, die als Träger der Beziehungen zwischen den Elementen bzw. Ausführenden und der Ganzheit fungieren. Daher sind diese „Zwischenräume“ als „speziell“ zu umschreiben. Sie sind qualitativ (nicht

<sup>3</sup>räumlich) mit den Ausgängen verbunden. „Generell“ ist also mit dem Pluszeichen, „speziell“ mit dem Minuszeichen zu versehen.

Zusammenfassend ergibt sich:



Um zu physikalisch sinnvollen Dimensionen zu gelangen, müssen die extensiven und intensiven Eigenschaften miteinander kombiniert werden. So folgt:

- total-generell ( $\begin{smallmatrix} + \\ + \end{smallmatrix}$ ): Der – informative, energetische (materielle) – Gehalt im fest definierten System oder Prozeß, d. h. die Dichte
- total-speziell ( $\begin{smallmatrix} + \\ - \end{smallmatrix}$ ): Der Umfang des informativen oder energetischen Durchsatzes in den „Zwischenräumen“ des definierten Systems oder Prozesses, d. h. die Leistung
- partial-generell ( $\begin{smallmatrix} - \\ + \end{smallmatrix}$ ): Die Zahl der definierten Partikel als solcher, d. h. die Menge
- partial-speziell ( $\begin{smallmatrix} - \\ - \end{smallmatrix}$ ): Die durch die Menge der Partikel und den Energiefluß definierten „Zwischenräume“, vom Zentrum des Systems aus betrachtet, d. h. der <sup>3</sup>Raum

So bedeutet bei festem Umfang des Systems eine Erhöhung des Materiewertes oder der Partikelzahl eine Erhöhung der Dichte, eine Verdichtung der Beziehungen eine Erhöhung der Leistung im Energiefluß; bei nicht festgelegtem Umfang, wohl aber festem Ausgangspunkt im System meint eine

Bindungsebene bzw. Prozeßstadien	Extensive Komponente	Intensive Komponente	Eigenschaft
1	total (+)	generell (+)	Dichte
2		speziell (–)	Leistung
3	partial (–)	generell (+)	Menge
4		speziell (–)	<sup>3</sup> Raum

Tab. 3: Die in den vier Bindungsebenen der Systeme bzw. in den vier Stadien der Prozesse definierten Eigenschaften

Erhöhung des Materiewertes eine Erhöhung der Partikelzahl, eine entsprechende Vergrößerung der durch die Beziehungen charakterisierten „Zwischenräume“ eine Erweiterung des <sup>3</sup>Raumes. So wird das System auch durch den Informations- und Energiefluß definiert. Zusammengefaßt gibt dies Tabelle 3 wieder.

Maßeinheiten sind die Elementeinheiten, d. h. die Werte, die einem Element im Grundzustand eigen sind (Kap. 1.1.). Genauer gesagt handelt es sich um die Werte der jeweils zu beschreibenden Eigenschaften des Elements.

## 2. Die Prozesse in den Bindungsebenen

### 2.0. Zur Kennzeichnung und Verknüpfung der Formeln

In der ersten Bindungsebene im Kontakt mit der nachfragenden Umwelt wird der Prozeß in vier Stadien gegliedert. Im ersten Stadium wird die Nachfrage eingebracht, d. h. das System wird stimuliert. Die Fortsetzung des Prozesses im zweiten Stadium setzt jedoch voraus, daß im ersten alle Elemente stimuliert wurden. Dies geschieht in einem Prozeß in der zweiten Bindungsebene, der sich wiederum aus vier Stadien zusammensetzt. Jedes dieser vier Stadien der zweiten Bindungsebene setzt wiederum voraus, daß in der nächsten, der dritten Bindungsebene, ein Prozeß in abermals vier Stadien durchlaufen wird. In der vierten Bindungsebene, wird der Kontakt zur <sup>3</sup>räumlichen Umwelt hergestellt, als Vorbedingung zur Änderung des Energieflusses bzw. der Elementzahl. Somit ist jedes Stadium eines Prozesses in einer untergeordneten Bindungsebene wiederum ein viergliedriger Prozeß. Die Dauer der untergeordneten Prozesse ist in entsprechender Weise kürzer (D. Flidner 1981a; b). Die Zahl der durch die Gleichungen zu beschreibenden Prozesse von Bindungsebene zu Bindungsebene nimmt somit exponentiell zu. Auf diese Weise gelangt man zu

$$4 + 4^2 + 4^3 + 4^4 = 340 \text{ Gleichungen.}$$

Die vier Glieder der Prozesse wurden in den bereits genannten Arbeiten (D. Flidner 1984; 1985) mit den Symbolen S, T, U und V gekennzeichnet. Sie entsprechen den Anweisungskürzeln (Kap. 1.3.):

Symbol: S T U V

Rechenkürzel: (+) (±) (−) (□)

Die Position im vertikalen Spannungsfeld kann durch die Zahl der Buchstabensymbole bzw. der Rechenkürzel wiedergegeben werden. So wird in der ersten Bindungsebene ein Symbol bzw. ein Kürzel, so werden in der zweiten Bindungsebene zwei Symbole bzw. zwei Kürzel verwendet etc.

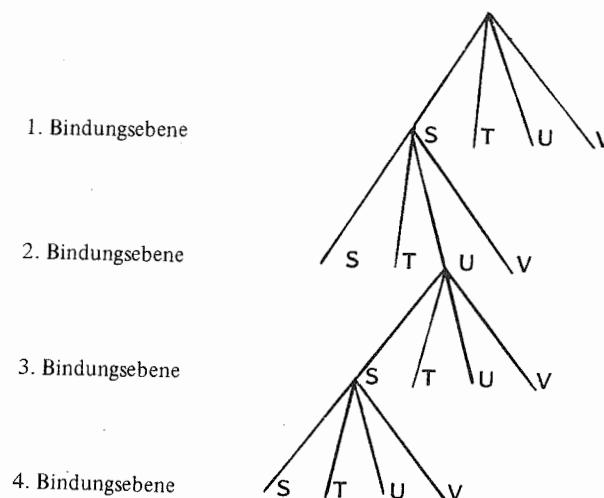


Abb. 2: Position der im Text behandelten Prozesse in den vier Bindungsebenen

Natürlich ist es nicht möglich, alle 340 Prozesse hier vorzuführen; vielmehr soll nur ein Profil durch die vier Bindungsebenen mit jeweils einem Prozeß und seinen vier Stadien hergestellt werden (Abb. 2). Es enthält – im Überblick betrachtet – folgende Prozesse:

In der ersten Bindungsebene wird das System mit einem erhöhten Energiebedarf in der Umwelt konfrontiert; es antwortet mit einer erhöhten Reproduktion von Elementen. Das Gleichgewicht Umwelt–System ist erst nach dem strukturverändernden Prozeß wieder erreicht. (Vier Stadien: S, T, U, V; Kap. 2.1.)

In der zweiten Bindungsebene wird die Aufnahme der Nachfrage (Informationsaufnahme, Adoption) näher behandelt (erstes Stadium in der ersten Bindungsebene). Sie muß beschleunigt werden, um die späteren Stadien (in der ersten Bindungsebene) effizienter zu gestalten. D. h., hier muß die Aufnahmeleistung erhöht werden. (Vier Stadien: SS, ST, SU, SV; Kap. 2.2.)

In der dritten Bindungsebene wird das dritte Stadium der zweiten Bindungsebene genauer beschrieben, d. h. die Ausbreitung der Information in den Elementbereich des Systems. Um diesen Vorgang beschleunigen zu können, muß die Geschwindigkeit der Aufnahme in die Menge der Elemente (Oberseite) erhöht werden. (Vier Stadien: SUS, SUT, SUU, SUV; Kap. 2.3.)



In der vierten Bindungsebene wird das erste Stadium des geschilderten Prozesses in der dritten Bindungsebene herausgegriffen. Um die Aufnahme in die Elemente des Elementbereichs (in der dritten Bindungsebene) beschleunigen zu können, muß die Unterseite der Elemente an die Oberseite der Elemente herangeführt werden, d. h. die Zahl der Elemente Unterseite muß erhöht werden. (Vier Stadien: SUSS, SUST, SUSU, SUSV).

Um die genaue Zuordnung der Variablen und Konstanten sichtbar zu machen und so die Verknüpfung zu ermöglichen, werden die zugehörigen Symbole (S, T, U, V) hinzugefügt. Die Messung erfolgt, wie schon betont (Kap. 1.1. und 1.4.) in Elementeneinheiten.

In einem strukturerhaltenden Prozeß ist die Reproduktion von Elementen gleichbleibend, die Prozesse in den übrigen drei Bindungsebenen sind darauf eingestellt. Ein strukturverändernder Prozeß bewirkt, daß die systeminternen Veränderungskonstanten (k, a, b, c, d) durch Veränderungsquotienten ersetzt oder ergänzt werden. Diese Veränderungsquotienten werden dadurch gebildet, daß die alten, den strukturerhaltenden Prozessen angemessenen Endwerte und die neuen, angestrebten Endwerte zueinander in Beziehung gesetzt werden. Die angestrebten Endwerte werden aus dem in der Sequenz vorhergehenden Prozeß übernommen.

Bei den Variablen bedeutet ein zugefügtes o, daß es sich um den Anfangswert, n, daß es sich um einen beliebigen Zwischenwert und z, daß es sich um den Endwert handelt. Dieser Endwert kann den letzten Wert des gegebenen Verlaufs des Prozesses meinen (dann erhält das z keinen Zusatz); er kann aber auch im Veränderungsquotienten den alten (erreichten) oder neuen (angestrebten) Endwert bedeuten (z alt oder z neu, kurz: za oder zn). Der dann tatsächlich erreichte Endwert richtet sich nach dem Ergebnis des Prozesses aus der untergeordneten Bindungsebene. Diese im vertikalen Spannungsfeld von unten nach oben gerichtete Verknüpfung wird hier nicht näher beschrieben.

Die meisten Gleichungen werden in diskreter Form dargestellt. Bei den Berechnungen müssen die Schrittlängen klein gewählt werden, damit numerisch stabile Ergebnisse gezeitigt werden. Die Rahmenbedingungen werden nur insoweit aufgeführt, wie es im jeweiligen Zusammenhang sinnvoll erscheint. Die Darstellung beschränkt sich auf die formalen Zusammenhänge; auf Beispiele wird verzichtet, um nicht zu ausführlich werden zu müssen. Der Leser wird wohl auch so ohne größere Schwierigkeiten den Gedanken folgen können.

### 2.1. Erste Bindungsebene

In der übergeordneten Umwelt wird mehr Energie benötigt. Das hat im System in der ersten Bindungsebene eine erhöhte Nachfrage nach Ele-

menten zur Folge. Im einzelnen bedeutet dies, daß eine höhere Zahl von nachfragenden Elementeneinheiten in der Umwelt eine entsprechend größere Zahl von Elementeneinheiten des Systems (oder der mit dieser übergeordneten Umwelt verbundenen Systeme) benötigt. Ein strukturverändernder Prozeß wird im System in Gang gesetzt. Die erstrebte größere Zahl an Elementen, wenn sie die Umwelt durchdringt, bedingt eine erhöhte Verdichtung an Elementeneinheiten, so daß der Energiefluß zwischen dem System und der Umwelt durch eine erhöhte Zahl von Kontakten (Kap. 1.4.) sich verstärken kann. Das System hat seine Kapazität erweitert.

Als Gesamtprozeß kann dies in Anlehnung an das bereits zitierte (Kap. 1.1.) Faltungsintegral dargestellt werden, und zwar durch die in der Systemforschung bekannte Stufenreaktion: Der Nachfrage nach einer Erhöhung der Zahl der Elementeneinheiten je <sup>3</sup> Raumeinheit im Rahmen der übergeordneten Umwelt wird durch ein erhöhtes Angebot durch das System dauerhaft entsprochen. Die erhöhte Nachfrage beträgt am Anfang bei  $t_0 = 0$ , springt dann auf den Wert 1 und bleibt dann auf derselben Höhe. Dies entspricht der als Testsignal verwendeten Stufenfunktion. Das System selbst reagiert mit Verzögerung, da ja im Detail viele Umstellungen erforderlich sind. Am Ende dieses Prozesses ist das System insgesamt leistungsfähiger geworden, und zwar auf Dauer (R. Röhler 1973, S. 22 f.).

Hier gilt es, den Übergang, die Veränderung, den strukturverändernden Prozeß selbst genauer zu betrachten, und zwar entsprechend dem Verlauf des Informationsflusses. Es ist also in mehreren Stadien der Hiatus zwischen erhöhter Nachfrage nach Elementeneinheiten und erhöhtem Angebot an Elementeneinheiten zu überbrücken, d. h. der Weg der Nachfrage und seine Kompensation durch das System. Dieser Prozeß hat einen Anfang und ein Ende (Kap. 1.3.). Im einzelnen sind in der ersten Bindungsebene vier Stadien, die Hauptstadien, zu beschreiben. Zunächst sind das Einbringen der erhöhten Nachfrage und das Ausführen des entsprechenden Angebots zu unterscheiden, d. h. die erste Hälfte des Prozesses – wir nennen ihn Induktionsprozeß – von der zweiten Hälfte, dem Reaktionsprozeß. Die durch den Induktionsprozeß eingeführte Information bereitet den Boden für die im Reaktionsprozeß erfolgende materielle Ausführung, d. h. wenn der Induktionsprozeß sich in den Reaktionsprozeß fortsetzt, erfolgt die eigentliche Strukturveränderung. Beide Teilprozesse lassen sich nochmals in zwei Hauptstadien gliedern, die jeweils Eingang und Ausgang in den bzw. aus dem Induktions- bzw. Reaktionsprozeß markieren (Abb. 1).

Eine Formalisierung hat von der Überlegung auszugehen, daß in dieser Bindungsebene das Kontaktfeld übergeordnete Umwelt/System betrachtet wird. Dies hat zwei Konsequenzen:



1. Es wird im Induktionsprozeß die erhöhte Nachfrage als zusätzliche Information eingebracht und diese in Produkte, die für die gegebenen Elemente verwendbar sind, umgewandelt. Man kann sich darauf einigen, daß diese Vorgänge im positiven Bereich, also oberhalb der Abszisse angesiedelt sind. Das Angebot folgt im Reaktionsprozeß; es entspricht – als negatives Gegenstück – der Nachfrage, so daß die ihn beschreibenden Graphen im Koordinatensystem unterhalb der Abszisse anzuordnen sind. (Man kann auch umgekehrt argumentieren, daß die Nachfrage einen Fehlbestand signalisiert, daher als negativ zu betrachten ist. Wenn hier umgekehrt vorgegangen wird, dann aus der praktischen Erwägung heraus, daß in der zweiten bis vierten Bindungsebene die Aufnahme der Nachfrage, also die Adoption, behandelt wird, die Darstellung im positiven Bereich ist einfacher nachzuvollziehen.)
2. Ein System kann sich (wie ein Element) zu einem Zeitpunkt nur einer Sache widmen. Zum Beispiel kann ein Organismus zu einem Zeitpunkt nur das eine oder andere wahrnehmen, konsumieren etc.; die mit diesem Handeln verbundenen Bewegungen sind untergeordnet oder koordiniert. So folgt ein Schritt dem andern; daher sind alle Funktionen dieser Bindungsebene linear.

Die verschiedenen Stadien im Überblick:

(+) Aufnahme in den Prozeß:

Die Nachfrage nach Elementen (als Information) wird vom System aufgenommen (= Adoption). Mit Fortschreiten der Zeit nimmt der Wert zu.

(±) Abgabe an die Ausführenden (Elemente):

Das System wandelt diese Information in materielle Produkte um (= Produktion), um sie den Ausführenden weitergeben zu können. Mit Fortschreiten der Zeit nimmt dadurch die Nachfrage ab.

(+) Aufnahme durch die Ausführenden:

Die Ausführenden übernehmen die Produkte (= Konsum) und damit die Aufgabe der Reproduktion.

(-) Abgabe an den folgenden Prozeß:

Es werden nun die nachgefragten Elementeneinheiten reproduziert (= Reproduktion) und an die Umwelt weitergegeben. Mit Fortschreiten der Zeit geht das Angebot an Elementen zurück, bis die Aufgabe ausgeführt ist.

Im einzelnen ergibt sich (Abb. 3 und 4a), wobei die Maßeinheit die Elementeneinheit ist (Element als Dichteinheit; Kap. 1.1., 1.4.):

(+) Erstes Hauptstadium (Symbol S)

Schrittweises Hineinführen der zusätzlichen Nachfrage N(S) aus der (übergeordneten) Umwelt (oberes Pluszeichen des Kürzels). Dies heißt Addition der nachgefragten Elementeneinheiten (unteres Pluszeichen des Kürzels). Die Steigerung wird durch einen aus der übergeordneten Umwelt übernommenen Veränderungsquotienten  $\frac{N_{zn} - N_{za}}{N_{za}}$  definiert. Bei einem strukturerhaltenden Prozeß wäre dieser Quotient = 0. Dieses Hauptstadium bezeichnen wir als Adoption.

$$N(S)_n = N(S)_{n-1} + \frac{N_{zn} - N_{za}}{N_{za}} \cdot k(S)$$

[Anfangswert  $N(S)_0 > 0$ ; Endwerte  $N(S)_{zn} \geq N(S)_{za}$ . Veränderungsquotient

$N_{za}$  und  $N_{zn}$  werden aus der übergeordneten Umwelt bzw. dem vorhergehenden Prozeß übernommen

$$N(S)_n = N(S)_{n-1} + \frac{N_{zn} - N_{za}}{N_{za}} \cdot k(S) \quad N(S)_0 \text{ pos.}$$

$$N(T)_n = N(T)_{n-1} - \frac{N(S)_{zn} - N(S)_{za}}{N(S)_{za}} \cdot k(T) \quad \text{alle } N(T)_n \text{ pos.}$$

$$N(U)_n = N(U)_{n-1} - \frac{N(T)_{zn} - N(T)_{za}}{N(T)_{za}} \cdot k(U) \quad N(U)_0 \text{ neg.}$$

$$N(V)_n = N(V)_{n-1} + \frac{N(U)_{zn} - N(U)_{za}}{N(U)_{za}} \cdot k(V) \quad \text{alle } N(V)_n \text{ neg.}$$

Anfangswerte  $[N(S)_0, N(T)_0, N(U)_0, N(V)_0]$  vorgegeben;

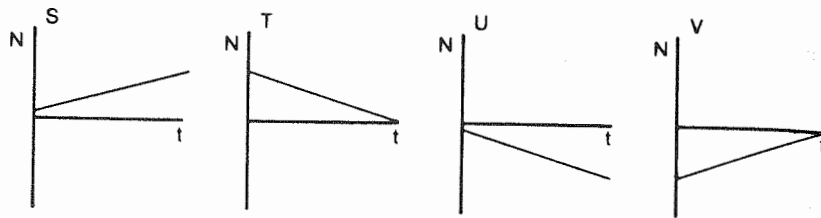
Veränderungsquotient  $\frac{N_{zn} - N_{za}}{N_{za}}$  aus übergeordneter Umwelt;

Veränderungsquotienten  $\frac{N(S)_{zn} - N(S)_{za}}{N(S)_{za}}, \frac{N(T)_{zn} - N(T)_{za}}{N(T)_{za}}, \frac{N(U)_{zn} - N(U)_{za}}{N(U)_{za}}$  vom vorhergehenden Stadium übernommen.

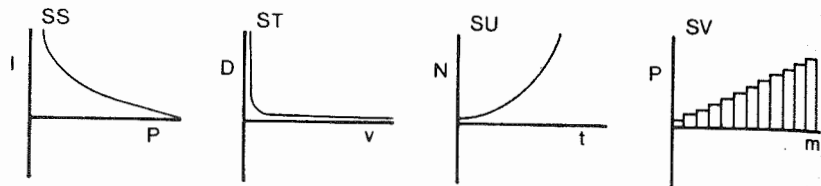
Veränderungskonstanten  $k(S), k(T), k(U), k(V)$  systemintern.

Der tatsächlich erreichte Endwert dieser Sequenz  $[N(V)_z]$  wird in der 2. Bindungsebene festgelegt; er wird an die übergeordnete Umwelt weitergegeben.

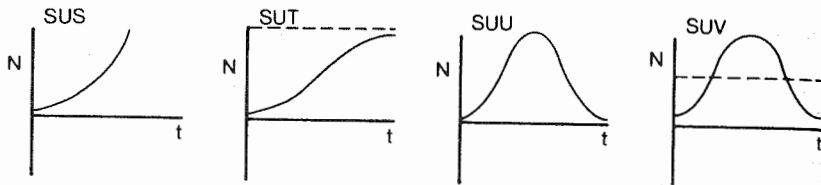
Abb. 3: Die 4 Hauptstadien; die Formeln und ihre Verknüpfungen in der 1. Bindungsebene (Graphen vgl. Abb. 4a)



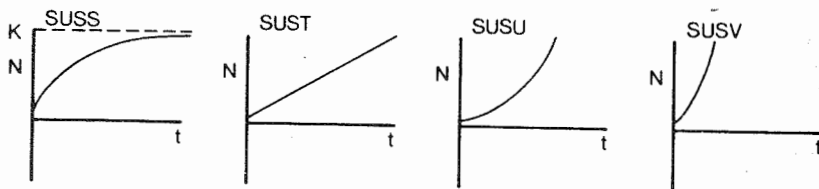
a) Die vier Hauptstadien



b) Die vier Aufgabenstadien der Adoption



c) Die vier Kontrollstadien des dritten Aufgabenstadiums der Adoption



d) Die vier Elementarstadien des ersten Kontrollstadiums des dritten Aufgabenstadiums der Adoption

Abb. 4: Graphen der im Text behandelten Gleichungen (Abb. 3, 5, 6 und 7)

$\frac{N_{zn} - N_{za}}{N_{za}} \geq 0$  aus übergeordneter Umwelt;  $k(S) \geq 0$  systeminterne Konstante].

(+) Zweites Hauptstadium (Symbol T)

Der so gewonnene Wert der zusätzlich eingebrachten Menge nachgefragter Elementeinheiten wird an die Ausführenden weitergegeben (unteres Minuszeichen des Kürzels). In diesem Stadium nimmt die Nachfrage  $N(T)_n$  ab; die Produktion dagegen erhöht sich im Gegenzuge. Zur Produktion wird Materie benötigt; sie wird aus den übrigen Bindungsebenen durch die Elemente aus der untergeordneten Umwelt heraufgeholt. Die Geschwindigkeit wird von dem vorhergehenden Prozeß (S) bestimmt, durch den Veränderungsquotienten  $\frac{N(S)_{zn} - N(S)_{za}}{N(S)_{za}}$ . Bei einem strukturerhaltenden Prozeß beträgt dieser Wert 0. Aus dem Blickwinkel der Nachfrage ergibt sich also:

$$N(T)_n = N(T)_{n-1} - \frac{N(S)_{zn} - N(S)_{za}}{N(S)_{za}} \cdot k(T)$$

[Anfangswert  $N(T)_0 > N(T)_z$ ; Werte positiv. Veränderungsquotient  $\frac{N(S)_{zn} - N(S)_{za}}{N(S)_{za}} \geq 0$  aus vorhergehendem Stadium;  $k(T) \geq 0$  systeminterne Konstante].

(+) Drittes Hauptstadium (Symbol U)

Das Einbringen der Nachfrage hat mit der Produktion ihr Ende gefunden. Jetzt beginnt die Ausführung des Angebots; die Graphen liegen, wie bereits gesagt, im Negativbereich (Kap. 1.3.; oberes Minuszeichen des Kürzels). Entsprechend der erhöhten Produktionsleistung soll die tatsächliche Zahl der Elementeinheiten erhöht werden. Zunächst wird die erhöhte Nachfrage von den Ausführenden in Form der Produkte aufgenommen (= Konsum; unteres Pluszeichen des Kürzels), so daß die Zahl der Elemente, die in der Reproduktion (4. Hauptstadium) involviert sind, erhöht wird. Die Steigerung des Konsums wird durch den Veränderungsquotienten  $\frac{N(T)_{zn} - N(T)_{za}}{N(T)_{za}}$  aus dem vorhergehenden Stadium definiert. Bei einem strukturerhaltenden Prozeß würde dieser Ausdruck den Wert 0 haben. Aus dem Blickwinkel der Nachfrage ergibt sich:

$$N(U)_n = N(U)_{n-1} - \frac{N(T)_{zn} - N(T)_{za}}{N(T)_{za}} \cdot k(U)$$

[Anfangswert  $N(U)_0 < 0$ ;  $N(U)_z < N(U)_0$ , negativ. Veränderungsquotient  $\frac{N(T)_{zn} - N(T)_{za}}{N(T)_{za}} \geq 0$  aus dem vorhergehenden Stadium;  $k(U) \geq 0$  systeminterne Konstante].

#### (-) Viertes Hauptstadium (Symbol V)

Der erhöhte Konsum hat die Zahl der reproduzierenden Elementeinheiten erhöht, so daß nun die neuen Elemente geschaffen werden können (= Reproduktion) und in den umgebenden <sup>3</sup>Raum der nachfragenden Umwelt gelangen können. Dazu wird aus den übrigen Bindungsebenen die nötige Energie heraufgeführt (Abb. 1). Das System gibt die zusätzlichen Elemente an die nachfragende Umwelt ab (unteres Minuszeichen des Kürzels). Die Erhöhung der Reproduktionsgeschwindigkeit richtet sich

nach dem Veränderungsquotienten  $\frac{N(U)_{zn} - N(U)_{za}}{N(U)_{za}}$  aus dem vorhergehenden Stadium.

Die Zahl der Elemente erhöht sich. Es wird hier nicht berücksichtigt, daß der Prozeß nun wieder in die Umwelt eintritt; wahrscheinlich muß durch zusätzliche Konstanten eventuellen Unterschieden in der Konsistenz zwischen System und Umwelt Rechnung getragen werden.

Aus dem Blickwinkel der Nachfrage ergibt sich:

$$N(V)_n = N(V)_{n-1} + \frac{N(U)_{zn} - N(U)_{za}}{N(U)_{za}} \cdot k(V)$$

[Anfangswert  $N(V)_0 < 0$ ; alle Werte negativ. Veränderungsquotient  $\frac{N(U)_{zn} - N(U)_{za}}{N(U)_{za}} \geq 0$  aus vorhergehendem Stadium;  $k(V) \geq 0$  systeminterne Konstante].

Im System hat sich die Zahl der Elementeinheiten erhöht, d. h. die Struktur verändert. Entspricht das Angebot an zusätzlicher Energie (entsprechend der erhöhten Zahl von Kontakten mit Elementeinheiten in der Umwelt) der erhöhten Nachfrage, dann ist der Prozeß beendet. Dies ist ein vereinfachtes Ideal, denn die Umwelt hat sich im Prozeßverlauf selbst verändert (Kap. 3). Das bedingt eine Stimulanz eines neuen strukturverändernden Prozesses.

Im Überblick ergibt sich:

Aus dem Blickwinkel der Adoption der Nachfrage ähneln sich die Hauptstadien Adoption und Produktion des Induktionsprozesses spiegelbildlich. Dasselbe gilt für die Hauptstadien Konsum und Reproduktion des Reaktionsprozesses. Dies ist ja auch aus struktureller Sicht begreiflich; der Informationsfluß findet im ersten Hauptstadium (Adoption) durch die

Hauptstadien	Halbprozesse	Vorgänge	Funktionen		
			Verlauf	Werte	Trend
1	Induktionsprozeß	Adoption	linear	positiv	zunehmend
2		Produktion	linear	positiv	abnehmend
3	Reaktionsprozeß	Konsum	linear	negativ	zunehmend
4		Reproduktion	linear	negativ	abnehmend

Tab. 4: Die Hauptstadien und die sie konstituierenden Vorgänge

vier Bindungsebenen von oben nach unten, der Materiefluß umgekehrt im zweiten Hauptstadium (Produktion) von unten nach oben statt; ähnlich verhalten sich Konsum und Reproduktion zueinander (Abb. 1).

Aber auch Induktions- und Reaktionsprozeß sind einander spiegelbildlich zugeordnet. Hier kommt zum Ausdruck, daß im Induktionsprozeß die Strukturveränderung nachgefragt, im Reaktionsprozeß ausgeführt wird. So erscheint dieser Gesamtprozeß – betrachtet man ihn aus einem Blickwinkel – als eine einfache Schwingung. Die Vorgänge sind in Tab 4 sowie den Abb. 3 und 4a zusammengestellt.

## 2.2. Zweite Bindungsebene

Strukturell betrachtet regeln die Prozesse in der zweiten Bindungsebene die Beziehungen zwischen dem System Oberseite und dem System Unterseite; der Prozeß wird im Systembereich beschrieben, aber an dessen Ausgang zum Elementbereich (Kap. 1.2.). Sehen wir uns nun die Vorgänge im ersten Hauptstadium, also die Adoption, genauer an (Abb. 2).

Die zusätzliche Menge der in der ersten Bindungsebene nachgefragten Elementeinheiten wird in eine Erhöhung der nachgefragten Leistung des Systems umgesetzt. In unserem Fall bedeutet dies die Geschwindigkeit der Adoption (Kap. 1.4.). Dies geschieht dadurch, daß die nachgefragte Leistung in Elementeinheiten dargestellt (Kap. 1.1.), d. h. die Zahl der Adoptoreinheiten in ihrer Eigenschaft als (potentielle) Leistungsträger erhöht wird, so daß die Wahrscheinlichkeit steigt, daß die Produzenten am Übergang zum zweiten Hauptstadium die Adoptoreinheiten kontaktieren (Kap. 1.4.).

Erhöhung der Leistung setzt verschiedene zusätzliche Teilprozesse voraus, durch die die einzelnen Parameter nacheinander verändert werden. Dies bedeutet, daß in den Stadien des Prozesses unterschiedliche, in ihrer Sequenz miteinander verbundene Aufgaben angegangen werden. Daher bezeichnen wir in der zweiten Bindungsebene die Teilprozesse als Aufgabenstadien.

Die Struktur des Adoptionsprozesses mit seinen vier Aufgabenstadien läßt sich formalisieren, wenn folgende Punkte bedacht werden:

1. Es wird dasselbe System betrachtet; die alte Leistung soll in eine neue Leistung überführt werden. Dies vollzieht sich zunächst in der gegebenen Struktur. Der angestrebte Wert wird aus der ersten Bindungsebene übernommen.
2. Es wird hier nur die Adoption ( $\pm$ ) behandelt, und zwar wird eine Erhöhung der Leistung angenommen (Kap. 2.1.). D. h., die Graphen liegen im Koordinatensystem oberhalb der Abszisse und führen nach rechts.
3. Die Leistung eines Systems wird durch die Wahrscheinlichkeit, mit der Adoptoreinheiten und Produzenten sich treffen, charakterisiert (Kap. 1.4.). Es steht hier also die Erhöhung der Wahrscheinlichkeit zur Sprache, die Überführung eines alten, niedrigeren Wahrscheinlichkeitswertes in einen neuen, höheren Wert. Der Prozeß endet an der Kontaktfläche zur – wenn man so will – zeitlich nachgeordneten Umwelt, hier der Produktion.
4. Es wird der Prozeß selbst betrachtet. Es muß ständig eine Grundleistung auch beim strukturerhaltenden Prozeß angenommen werden; alle Anfangswerte müssen größer als Null sein, da sonst das System zerfallen würde.

Die vier Aufgabenstadien im Überblick:

( $\pm$ ) Aufnahme in den Prozeß:

Ermittlung der intendierten Adoptions-Leistungserhöhung durch Verbund der neuen und alten Wahrscheinlichkeit (= Informationsgehalt, Stimulanzstärke).

( $\pm$ ) Abgabe an die Ausführenden:

Umlegung dieses Wertes auf die Zahl der gegebenen Elemente. Ermittlung des Wertes je Element.

( $\pm$ ) Aufnahme durch die Ausführenden:

Diffusion dieses Wertes der Adoptions-Leistungserhöhung je Element in die Menge der gegebenen Elemente; dadurch Erhöhung der Zahl der Adoptoreinheiten (= Elementeneinheiten).

( $\pm$ ) Abgabe an den folgenden Prozeß:

Infolge der Erhöhung der Menge der adoptierenden Elementeneinheiten Erhöhung der Wahrscheinlichkeit von Kontakten mit den Produzenten im zweiten Hauptstadium.

Bei einem strukturverändernden Prozeß müssen zusätzlich die systemimmanenten Veränderungskonstanten  $k$  (sie regeln die Geschwindigkeit der Leistungserhöhung) durch den Veränderungsquotienten  $\frac{N_{zn}}{N_{za}}$  verändert, d. h. hier erhöht werden. Im Detail ergibt sich (Abb. 4b und 5), wobei,

$N(S)_{za}$  und  $N(S)_{zn}$  werden aus der 1. Bindungsebene übernommen

$$I(SS) = -k(SS) \cdot \frac{N(SS)_{zn}}{N(SS)_{za}} \cdot \log P(SS) \quad I(SS)_o > 0$$

$$D(ST) = k(ST) \cdot \frac{I(SS)_{zn}}{I(SS)_{za}} \cdot \frac{1}{v(ST)} \quad D(ST)_o > 0$$

$$N(SU) = N(SU)_o \cdot \left[ k(SU) \cdot \frac{D(ST)_{zn}}{D(ST)_{za}} \right]^{t(SU)} \quad N(SU)_o > 0$$

$$P(SV) = k(SV) \cdot \frac{N(SU)_{zn}}{N(SU)_{za}} \cdot \frac{m(SV)}{n(SV)} \quad P(SV)_o > 0$$

Anfangswerte  $[I(SS)_o, D(ST)_o, N(SU)_o, P(SV)_o]$  vorgegeben;

Veränderungskonstanten  $[k(SS), k(ST), k(SU), k(SV)]$  systemintern, vorgegeben;

Umweltabhängige Konstante  $n(SV)$  vorgegeben;

Abszissenwerte  $[P(SS), v(ST), t(SU), m(SV)]$ ;

Veränderungsquotienten

$$\left[ \frac{N(S)_{zn}}{N(S)_{za}} \cdot \frac{I(SS)_{zn}}{I(SS)_{za}} \cdot \frac{D(ST)_{zn}}{D(ST)_{za}} \cdot \frac{N(SU)_{zn}}{N(SU)_{za}} \right] \text{ vom vorhergehenden Stadium eingegeben.}$$

Der tatsächlich erreichte Endwert dieser Sequenz  $[P(SV)_z]$  wird in der 3. Bindungsebene festgelegt; er wird an den übergeordneten Prozeß in der 1. Bindungsebene weitergegeben.

Abb. 5: Die 4 Aufgabenstadien der Adoption; die Formeln und ihre Verknüpfung in der 2. Bindungsebene (Graphen vgl. Abb. 4b)

wie oben gesagt, die Maßeinheit wieder die Elementeinheit (Kap. 1.1. und 1.4.; hier Adoptor als Leistungsträger) darstellt:

( $\pm \pm$ ) Erstes Aufgabenstadium (Symbol SS)

Im Verlauf des ersten Hauptstadiums (Adoption) wird die Dichte der Nachfrage (Information) adoptierenden Elementeinheiten (oder kurz: Adoptoreinheiten) erhöht. Dies setzt am Beginn eine Erhöhung der Stimulanzstärke voraus (oberes Pluszeichen des Kürzels). Stimulanzstärke bedeutet auch intendierte Leistungserhöhung. Zunächst zur Formel selbst: Die Stimulanz zur Veränderung des gegenwärtigen Zustandes ist um so höher, je niedriger die Wahrscheinlichkeit  $P$  ist, daß im System Adoptoreinheiten auftreten. Denn ist die Wahrscheinlichkeit  $P = 1$ , dann ist der ideale Zustand erreicht, daß jeder Kontakt mit den Elementeinheiten der nachfragenden Umwelt erfolgreich ist; die Stimulanzstärke ist 0. Ist dagegen die Dichte der Adoptoreinheiten und damit die Wahrscheinlichkeit, daß Adoptoreinheiten auftreten, niedrig, so ist die Stärke der Stimulanz hoch.

Wie aus der Informationstheorie bekannt (z. B. R. Schwarz 1981, S. 13), läßt sich die Stimulanzstärke (oder beabsichtigte Leistungserhöhung oder der Informationsgehalt) durch die Beziehung ausdrücken:

$$I \sim -\log_2 P \text{ bit}$$

( $\log_2$  = binärer Logarithmus; bit = Maß des Informationsgehaltes, der Stimulanzstärke oder der intendierten Leistungserhöhung).

Ändert sich die Wahrscheinlichkeit von  $P(SS)_o$  zu  $P(SS)_z$ , so ändert sich auch die bestehende Stimulanzstärke, von  $I(SS)_o$  zu  $I(SS)_z$ . Das Proportionalitätszeichen kann durch eine Konstante  $k(SS)$  ersetzt werden, die die Steigung der Graphen regelt. Bei einem strukturverändernden Prozeß muß dieser Wert mit dem von der nachfragenden Umwelt eingegebenen Quotienten  $\frac{N(S)_{zn}}{N(S)_{za}}$  multipliziert werden.

Es ergibt sich also (in bit):

$$I(SS) = -k(SS) \cdot \frac{N(S)_{zn}}{N(S)_{za}} \cdot \log_2 P(SS)$$

[Ausgangswert  $I(SS)_o > 0$  (bei  $P(SS)_o < 1$ ). Endwert  $I(SS)_z \geq I(SS)_o$ ; systeminterne Veränderungskonstante  $k(SS) \geq 1$ ; Veränderungsquotient  $\frac{N(S)_{zn}}{N(S)_{za}} \geq 1$  aus der 1. Bindungsebene].

Mit dieser Verteilung der Kurve nimmt der Prozeß seinen Anfang im Systembereich (unteres Pluszeichen des Kürzels).

Soweit erkennbar, beruhen alle Formeln des ersten Aufgabenstadiums im ersten Hauptstadium (d. h. der Adoption) auf logarithmischen Beziehungen.

( $\pm \pm$ ) Zweites Aufgabenstadium (Symbol ST)

Der Festlegung des Informationsgehaltes  $I(SS)_z$  im Systembereich folgt die Weitergabe (unteres Minuszeichen des Kürzels), d. h. die Verteilung des Wertes auf die vorgegebenen Ausführenden, also die Elemente mit der Gesamtaufnahmeleistung  $v(ST)$ . D. h., die Stimulanzstärke je Element

$$D(ST) \sim \frac{1}{v(ST)}$$

Der Proportionalitätsfaktor kann als systeminterne Konstante  $k(ST)$  dargestellt werden. Werden die Elemente nun zusätzlich dauerhaft stimuliert, über den Grundzustand hinaus, so muß die Struktur des Systems verändert werden. Dies geschieht dadurch, daß die systeminterne

Konstante mit dem Veränderungsquotienten  $\frac{I(SS)_{zn}}{I(SS)_{za}}$  aus dem vorhergehenden Prozeßstadium multipliziert wird. So ergibt sich als Stimulanzstärke je Element (in bit je Adoptor):

$$D(ST) = k(ST) \cdot \frac{I(SS)_{zn}}{I(SS)_{za}} \cdot \frac{1}{v(ST)}$$

[Anfangswert  $D(ST)_o > 0$  (bei  $v(ST)_o < \infty$ ); Endwert  $D(ST)_z \geq D(ST)_o$ ; systeminterne Veränderungskonstante  $k(ST) \geq 1$ ; Veränderungsquotient  $\frac{I(SS)_{zn}}{I(SS)_{za}} \geq 1$  aus vorhergehendem Stadium].

Soweit sich überblicken läßt, gehören alle Funktionen des zweiten Aufgabenstadiums der Adoption der Gruppe der rationalen Funktionen an.

( $\pm \mp$ ) Drittes Aufgabenstadium (Symbol SU)

Der Wert der Erhöhung der Stimulanzstärke je Element wird nun an die Ausführenden, d. h. die Elemente, abgegeben (oberes Minuszeichen des Kürzels) und von diesen aufgenommen (unteres Pluszeichen des Kürzels). Dies erfolgt nach und nach in Form einer Diffusion. Dadurch wird die Zahl der angeregten Elemente oder der Menge der Adoptoreinheiten vom Anfangswert  $N(SU)_o$  bis zu einem Endwert  $N(SU)_z$ , der in der dritten Bindungsebene festgelegt wird, erhöht; es ist die Adoption im engeren Sinne. Der Diffusionsvorgang vollzieht sich exponentiell. Mit jedem Schritt wächst die Zahl der Nachbarschaftskontakte und mit ihr die Zahl der stimulierten Adoptoren. In unserem Fall erfolgt die Ausbreitung ungehindert (vgl. dagegen die dritte Bindungsebene, Kap. 2.3.). Die Geschwindigkeit dieses Vorgangs wird dabei durch einen systeminternen Faktor  $k(SU)$

bestimmt. Er wird bei einer Strukturveränderung mit den Veränderungsquotienten  $\frac{D(ST)_{zn}}{D(ST)_{za}}$  aus dem vorhergehenden Aufgabenstadium multipliziert. Der Anfangswert  $N(SU)_0$  zum Zeitpunkt  $t(SU)_0$  ist als überkommener Zustand vorgegeben. Die Anzahl der Adoptoren als Träger der intendierten Leistungserhöhung (bit je Adopter) beträgt:

$$N(SU) = N(SU)_0 \cdot \left[ k(SU) \cdot \frac{D(ST)_{zn}}{D(ST)_{za}} \right]^{t(SU)}$$

[Anfangswert  $N(SU)_0 > 0$ ; Endwert  $N(SU)_z \geq N(SU)_0$ . Systeminterne Veränderungskonstante  $k(SU) \geq 1$ ; Veränderungsquotient  $\frac{D(ST)_{zn}}{D(ST)_{za}} \geq 1$  aus vorhergehendem Stadium].

Vermutlich zählen sämtliche Funktionen des dritten Aufgabenstadiums der Adoption zur Gruppe der Exponentialfunktionen (Kap. 2.3. und 2.4.).

#### ( $\dagger \square$ ) Viertes Aufgabenstadium (Symbol SV)

Im letzten Aufgabenstadium dieses Prozesses wird die von den Elementen adoptierte Anregung oder intendierte Leistungserhöhung (gemessen in Adoptoreinheiten) an den folgenden Prozeß, das zweite Hauptstadium (Produktion), abgegeben (unteres Minuszeichen des Kürzels). Diese Abgabe erfolgt durch Kontakte zwischen den Adoptoreinheiten und Produzenten. Ein solcher Kontakt sei ein Ereignis; in  $n$  Versuchen trete es  $m$ -mal ein. Mit wachsender Menge der Adoptoreinheiten  $N(SU)$  nimmt die Wahrscheinlichkeit  $P(SV)$  zu, daß diese mit den Produzenten  $M(SU)$  in Kontakt kommen. Die Versuche gehen von den Produzenten aus, die Zahl der Versuche hängt so von der Zahl der Produzenten ab, also  $\frac{N(SU)}{M(SU)} \sim \frac{m(SV)}{n(SV)}$ . Im einfachsten Fall ist der Graph eine linear aufwärts führende Treppe, deren Steilheit (= Schrittlänge) die systeminterne Veränderungskonstante  $k(SV)$  regelt. Bei einer Strukturveränderung wird sie mit dem Veränderungsquotienten  $\frac{N(SU)_{zn}}{N(SU)_{za}}$  aus dem vorhergehenden Stadium multipliziert. So ergibt sich:

$$P(SV) = k(SV) \cdot \frac{N(SU)_{zn}}{N(SU)_{za}} \cdot \frac{m(SV)}{n(SV)}$$

[Anfangswert  $P(SV)_0 > 0$ ; Endwert  $P(SV)_z \geq P(SV)_0$ . Systeminterne Veränderungskonstante  $k(SV) \geq 1$ ; Veränderungsquotient  $\frac{N(SU)_{zn}}{N(SU)_{za}} \geq 1$  aus vorhergehendem Stadium;  $n(SV) \geq m(SV)$ ; umweltabhängige Konstan-

te  $n(SV)$  vorgegeben. Die rechte Seite der Gleichung darf den Wert 1 nicht übersteigen].

Anscheinend gehören alle Gleichungen dieses Aufgabenstadiums der Adoption der Gruppe der Wahrscheinlichkeitsfunktionen an.

Zusammenfassend kann man feststellen, daß die relative Menge der Adoptoreinheiten erhöht wird, d. h. die Wahrscheinlichkeit, daß Adoptoreinheiten mit einem bestimmten Wert der intendierten Leistungserhöhung auftreten. Damit erhöht sich auch die Häufigkeit von Kontakten mit Produzenten, d. h. die Adoptionsleistung. Dies wird dadurch erreicht, daß in den vier Aufgabenstadien (Adoptions-)Leistung und Menge (der Adoptoreinheiten) zueinander in Beziehung gesetzt werden, und zwar jeweils als absoluter und relativer Wert (Tab. 5):

Aufgabenstadien	Halbprozesse	Adoptionsvorgänge	Definitonsbereich (Eingabe)	Wertebereich (Ausgabe)	Charakterisierung der Funktionen
1	Aufnahme in den Prozeß	intendierte Leistungserhöhung (Informationsgehalt)	relative Menge	absolute Leistung	logarithmische Funktionen
2		intendierte Leistungserhöhung je Element	absolute Leistung	relative Leistung	rationale Funktionen
3	Ausführung	Diffusion der intendierten Leistungserhöhung	relative Leistung	absolute Menge	exponentielle Funktionen
4		Erhöhung der Übergabewahrscheinlichkeit	absolute Menge	relative Menge	Wahrscheinlichkeitsfunktionen

Tab. 5: Die Aufgabenstadien und die sie konstituierenden Vorgänge im ersten Hauptstadium (Adoption)

## 2.3. Dritte Bindungsebene

In der dritten Bindungsebene wird der Wert der im Rahmen der Adoption intendierten Leistungserhöhung aus der zweiten Bindungsebene übernommen. Dieser Wert wird in eine entsprechende Menge von Adoptoren, deren Leistung der Leistung von Adoptoren in Grundbelastung entspricht, umgesetzt (Kap. 1.4. und 2.2.). Strukturell betrachtet ist damit der Übergang aus dem Systembereich in den Elementbereich erfolgt, das System Unterseite wird mit den Elementen Oberseite verknüpft (Kap. 1.2.). Die Elemente werden mit dem System verkoppelt, werden in seine Kontrolle genommen, so daß die Stadien als Kontrollstadien bezeichnet werden können. Der Prozeß endet an der Kontaktfläche zur untergeordneten Umwelt.

Eine Formalisierung hat von folgenden Überlegungen auszugehen:

1. Es erfolgt eine Übertragung der in der zweiten Bindungsebene intendierten Leistungserhöhung auf den Elementbereich; hier wird die alte Menge der Elementeinheiten in eine neue überführt. D. h., es wird die den einzelnen Elementen inhärente Überlastung oder intendierte Leistungserhöhung in eine Erhöhung der Anzahl grundbelasteter Adoptoren umgesetzt, die von den in der Sequenz folgenden Energielieferern aufgenommen werden können.
2. Dies erfolgt in mehreren Stadien, die sich dadurch voneinander unterscheiden, daß die Entwicklung durch jeweils eine weitere Verknüpfung reglementiert, kontrolliert wird. Die sukzessive Verknüpfung führt zum Einbau in die systemische Struktur. Dabei kommen die verschiedenen Gruppierungs- bzw. Systemtypen zur Geltung. Am Schluß ist die intendierte Leistungserhöhung ganz in eine erhöhte Zahl von in das System integrierten Elementen überführt. Diese Art der Verknüpfung ist natürlich von der oben besprochenen Bindung (Kap. 1.2.) zu unterscheiden.
3. Es wird wiederum die Adoption ( $\frac{+}{+}$ ), und zwar das dritte Aufgabenstadium ( $\frac{-}{+}$ ) betrachtet (Abb. 2). Dies bedeutet, daß die Grundtendenz der Formeln, wie oben gezeigt (Kap. 2.2.), exponentiell ist. Die zusätzlichen Verknüpfungen werden durch eine negativ-exponentielle Gegenteilstendenz wirksam; mit jedem Stadium und jeder Verknüpfung wird eine weitere Gegenteilstendenz eingebracht und so die zunächst positiv-exponentielle Entwicklung begrenzt, entsprechend der Art der Gruppierung bzw. der systemischen Struktur.

In den vier Kontrollstadien des dritten Aufgabenstadiums vollzieht sich im Überblick folgendes:

( $\frac{+}{+}\frac{-}{+}$ ) Aufnahme in den Prozeß:

Einbringen der intendierten Leistungserhöhung in der zweiten Bindungsebene in die überkommenen Elemente (Adoptoren) des Elementbereichs (erste Verknüpfung). Dadurch wird die Anregung oder Adoptionsleistung jedes Adoptors erhöht. Die angeregten, d. h. überlasteten Elemente stehen für sich, die Diffusion ist ungehemmt.

( $\frac{+}{+}\frac{+}{+}$ ) Abgabe an die Ausführenden:

Es soll aber nur eine begrenzte Leistungserhöhung übernommen werden. Daher wird zunächst dieser Wert der Überlastung in eine Erhöhung der Anzahl der Adoptoren mit nichterhöhter Leistung umgesetzt (zweite Verknüpfung). Der Elementbereich erhält so insgesamt eine erhöhte Leistung. Es ist eine begrenzte Gruppe von Adoptoren entstanden (Merkmalsgruppe).

( $\frac{+}{+}\frac{-}{+}$ ) Aufnahme durch die Ausführenden:

Diese Erhöhung der Anzahl der (normalbelasteten) Adoptoren wird als solche im Zeitablauf herausgestellt. Damit werden nicht nur die Aufnahme, sondern auch die Abgabe der Leistungserhöhung dargelegt (dritte Verknüpfung), in Form der hinzukommenden und wieder abgezogenen Adoptoreinheiten. Auf diese Weise wird ein Gleichgewicht demonstriert, die Elemente sind Bestandteile eines Gleichgewichtssystems.

( $\frac{+}{+}\frac{+}{-}$ ) Abgabe an den folgenden Prozeß:

Die für diese Bindungsebene kennzeichnende Aufnahme in den Elementbereich wird dadurch abgeschlossen, daß der Kontakt mit der unteren (Energie liefernden) Umwelt hergestellt wird (vierte Verknüpfung). Die Adoptoren geben die Anregung an die untergeordnete Umwelt dadurch weiter, daß sie deren Elemente „verzehren“. Auf diese Weise nehmen die Adoptoren („Räuber“) im Gegenzug Energie („Beute“) auf. Ein Nichtgleichgewichtssystem ist entstanden.

Bei einer Strukturveränderung müssen wiederum die Veränderungskonstanten (k, a, b, c) mit den Veränderungsquotienten multipliziert werden.

Die Formeln dieser Bindungsebene werden in diskreter Form vorgestellt. Abb. 4c und 6 geben ein Bild von den Zusammenhängen und zeigen die zugehörigen Graphen. Maßeinheit ist wiederum die Elementeinheit (hier Adoptoreinheit, Kap. 1.1. und 1.4.).



$N(SU)_{za}$  und  $N(SU)_{zn}$  werden aus der 2. Bindungsebene übernommen.

$$N(SUS)_n = N(SUS)_{n-1} + k(SUS) \cdot \frac{N(SU)_{zn}}{N(SU)_{za}} \cdot N(SUS)_{n-1}$$

$$N(SUT)_n = N(SUT)_{n-1} + N'(SUT)_n$$

$$N'(SUT)_n = N'(SUT)_{n-1} \cdot M(SUT)_n; \quad M(SUT)_n = \frac{M(SUT)_{n-1}}{a(SUT) \cdot \frac{N(SUS)_{zn}}{N(SUS)_{za}}}$$

$$N(SUU)_n = N(SUU)_{n-1} - \frac{N(SUU)_{n-1}}{b(SUU) \cdot \frac{N(SUT)_{zn}}{N(SUT)_{za}}} + N'(SUU)_n$$

$$N'(SUU)_n = N'(SUU)_{n-1} \cdot M(SUU)_n; \quad M(SUU)_n = \frac{M(SUU)_{n-1}}{a(SUU) \cdot \frac{M(SUT)_{zn}}{M(SUT)_{za}}}$$

$$N(SUV)_n = N(SUV)_{n-1} + \frac{N(SUV)_{n-1} \cdot M(SUV)_{n-1}}{a(SUV) \cdot \frac{M(SUU)_{zn}}{M(SUU)_{za}}} - \frac{N(SUV)_{n-1}}{b(SUV) \cdot \frac{N(SUU)_{zn}}{N(SUU)_{za}}}$$

$$M(SUV)_n = M(SUV)_{n-1} + \frac{M(SUV)_{n-1}}{d(SUV)} - \frac{N(SUV)_n \cdot M(SUV)_{n-1}}{c(SUV) \cdot \frac{N(SUU)_{zn}}{N(SUU)_{za}}}$$

#### Anfangswerte

$[N(SUS)_o, N'(SUT)_o, N(SUT)_o, N'(SUU)_o, N(SUU)_o, N(SUV)_o]$  bzw.  $M(SUT)_o, M(SUU)_o, M(SUV)_o$  vorgegeben. Alle Werte  $> 0$ ;  $M(SUV)_o < N(SUV)_o$ .

#### Veränderungskonstanten

$[k(SUS), a(SUT), a(SUU), b(SUU), a(SUV), b(SUV), c(SUV)]$  systemintern, vorgegeben.

Umweltabhängige Konstante  $d(SUV)$  vorgegeben.

#### Veränderungsquotienten

$\left[ \frac{N(SU)_{zn}}{N(SU)_{za}}, \frac{N(SUS)_{zn}}{N(SUS)_{za}}, \frac{N(SUT)_{zn}}{N(SUT)_{za}} \right]$  bzw.  $\left[ \frac{M(SUT)_{zn}}{M(SUT)_{za}}, \frac{M(SUU)_{zn}}{M(SUU)_{za}} \right]$  aus der 1. Bindungsebene bzw. vom vorhergehenden Stadium eingegeben.

Die letzten Endwerte dieser Sequenz  $[N(SUV)_z, M(SUV)_z]$  werden in der 4. Bindungsebene festgelegt; sie werden an den übergeordneten Prozeß in der 2. Bindungsebene weitergegeben.

Abb. 6: Die 4 Kontrollstadien des 3. Aufgabenstadiums der Adoption; die Formeln und ihre Verknüpfungen in der 3. Bindungsebene (Graphen vgl. Abb. 4c)

#### (+ + +) Erstes Kontrollstadium (Symbol SUS)

Es sind zwei Vorgänge zu unterscheiden:

1. Die Elemente werden als solche angeregt, die Anregung wird exponentiell ausgebreitet, auf Grund der systeminternen Konstante  $k(SUS)$ , und akkumuliert (oberes Pluszeichen des Kürzels).
2. Die systeminterne Veränderungskonstante  $k(SUS)$  wird mit dem die intendierte Leistungserhöhung (= Stimulanzstärke) in der zweiten Bindungsebene wiedergebenden Quotienten  $\frac{N(SU)_{zn}}{N(SU)_{za}}$  multipliziert (unteres Pluszeichen).  $N(SUS)_o$  ist die Zahl der Adoptoren des überkommenen Systems.

Da jeder Adopter mit einem festen Wert der intendierten Leistungserhöhung gekoppelt ist, ist  $N(SUS)_n$  ein Maß sowohl für die Anzahl der Adoptoren als auch für die intendierte Leistungserhöhung:

$$N(SUS)_n = N(SUS)_{n-1} + k(SUS) \cdot \frac{N(SU)_{zn}}{N(SU)_{za}} \cdot N(SUS)_{n-1}$$

[Anfangswert  $N(SUS)_o > 0$ ; Endwert  $N(SUS)_z \geq N(SUS)_o$ ; systeminterne Veränderungskonstante  $k(SUS) \geq 1$ ; Veränderungsquotient  $\frac{N(SU)_{zn}}{N(SU)_{za}} \geq 1$  aus der 2. Bindungsebene].

So erscheinen die überlasteten Elemente zunächst für sich, eine Zugehörigkeit zu einem System ist noch nicht erkennbar.

#### (+ + +) Zweites Kontrollstadium (Symbol SUT)

Die Zunahme der intendierten Leistung wird, wie bei Formel SUS, durch die positiv-exponentielle Entwicklung sowie durch die Akkumulation der Werte  $N(SUT)$  beschrieben (oberes Pluszeichen des Kürzels). Andererseits wird diese Stimulation aus den einzelnen Elementen an den Elementbereich abgegeben (unteres Minuszeichen des Kürzels), so daß die positiv-exponentielle Entwicklung  $N(SUT)$  eine negativ-exponentielle Gegentendenz  $M(SUT)$  erhält. Die systeminterne Veränderungskonstante  $a(SUT)$  im Nenner regelt die Steigung. Die Kurve steigt an, bis ein erhöhtes Niveau erreicht wird. Auf diese Weise wird die intendierte Leistungserhöhung in eine erhöhte Zahl von Adoptoren mit nicht erhöhter Leistung umgewandelt.  $N(SUT)_o$  ist die Zahl der Adoptoreinheiten des überkommenen Systems (Elementbereichs);  $M(SUT)_o$  tritt an die Stelle des Vermehrungsfaktors  $k(SUS)$  des vorhergehenden Stadiums.

Die ähnliche logistische Gleichung (D. Fliedner 1984) soll hier nicht verwendet werden, da sie die Vorgabe des Zielwertes, d. h. die Aufnahme durch den Elementbereich, voraussetzt; sie hat ihren Platz in der vierten

Bindungsebene (als Formel SUTU), in der die Menge der Adoptoren Unterseite an die der Adoptoren Oberseite angeglichen wird. Die Diffusion der Anregung bremsende negative Tendenz hat also verschiedene Ursachen.

Bei einer Strukturveränderung ist der Faktor  $a(SUT)$  mit dem aus dem Kontrollstadium übernommenen Quotienten  $\frac{N(SUS)_{zn}}{N(SUS)_{za}}$  zu multiplizieren. Es ergibt sich (Anzahl der Adoptoren als Leistungseinheiten):

$$N(SUT)_n = N(SUT)_{n-1} + N'(SUT)_n$$

$$N'(SUT)_n = N'(SUT)_{n-1} \cdot M(SUT)_n$$

$$M(SUT)_n = \frac{M(SUT)_{n-1}}{a(SUT) \cdot \frac{N(SUS)_{zn}}{N(SUS)_{za}}}$$

[Anfangswert  $N(SUT)_0 > 0$ ;  $N'(SUT)_0 > 0$ ;  $M(SUT)_0 > 1$ ; Endwert  $N(SUT)_z \geq N(SUT)_0$ . Systeminterne Veränderungskonstante  $a(SUT) \geq 1$ ; Veränderungsquotient  $\frac{N(SUS)_{zn}}{N(SUS)_{za}} \geq 1$  aus vorhergehendem Stadium].

Durch die Umsetzung der intendierten Leistungserhöhung in die Anzahl zusätzlicher Adoptoren im Elementbereich wird das System in seinen neuen Umrissen erkennbar. Die involvierten Elementeinheiten lassen sich in ihrer Position im Informationsfluß definieren; sie sind Glieder einer Merkmalsgruppe.

( $\begin{smallmatrix} + & - & - \\ + & + & + \end{smallmatrix}$ ) Drittes Kontrollstadium (Symbol SUU)

Hier soll die Erhöhung der intendierten Leistung – in Form der hinzugewonnenen Adoptoren – als solche im Zeitablauf zur Darstellung kommen (unteres Pluszeichen des Kürzels). Es wird also die erhöhte intendierte Leistung nicht nur passiv aufgenommen und in Elementeinheiten umgesetzt wie im zweiten Kontrollstadium, sondern sie wird an das im Fluß folgende Aggregat weitergegeben (oberes Minuszeichen des Kürzels). Wie bei der zweiten Kontrollstufe wird die systeminterne Vermehrungskonstante  $k(SUS)$  der positiv-exponentiellen Entwicklung durch einen

Term für das negativ-exponentielle Wachstum  $M(SUU)_n = \frac{M(SUU)_{n-1}}{a(SUU)}$

ersetzt. Zusätzlich zehrt aber ein weiterer Prozeß die hinzutretende Menge der Adoptoren als Leistungseinheiten wieder auf, es erfolgt keine Akkumulation. Dies wird dadurch dargestellt, daß ein negativ-exponentielles Glied  $\frac{N(SUU)_{n-1}}{b(SUU)}$  hinzugefügt wird, das den Abzug der Elemente wiedergibt. Bei einer Strukturveränderung werden die systeminternen Verände-

rungskonstanten  $a(SUU)$  und  $b(SUU)$  mit den Veränderungsquotienten  $\frac{M(SUT)_{zn}}{M(SUT)_{za}}$  bzw.  $\frac{N(SUT)_{zn}}{N(SUT)_{za}}$  aus dem vorhergehenden Stadium multipliziert. Der Anfangswert  $N(SUU)_0$  bedeutet die Zahl der Adoptoreinheiten des überkommenen Systems. Es ergibt sich (Anzahl der Adoptoren oder Leistungseinheiten):

$$N(SUU)_n = N(SUU)_{n-1} - \frac{N(SUU)_{n-1}}{b(SUU) \cdot \frac{N(SUT)_{zn}}{N(SUT)_{za}}} + N'(SUU)_n$$

$$N'(SUU)_n = N'(SUU)_{n-1} \cdot M(SUU)_n$$

$$M(SUU)_n = \frac{M(SUU)_{n-1}}{a(SUU) \cdot \frac{M(SUT)_{zn}}{M(SUT)_{za}}}$$

[Anfangswerte  $N(SUU)_0 > 0$ ;  $N'(SUU)_0 > 0$ ;  $M(SUU)_0 > 0$ . Veränderungskonstanten  $a(SUU) \geq 1$  und  $b(SUU) \geq 1$ , systemintern;  $a(SUU) > b(SUU)$ ;

Veränderungsquotienten  $\frac{M(SUT)_{zn}}{M(SUT)_{za}} \geq 1$  und  $\frac{N(SUT)_{zn}}{N(SUT)_{za}} \geq 1$  aus vorhergehendem Stadium.  $b(SUU) \cdot \frac{N(SUT)_{zn}}{N(SUT)_{za}} > a(SUU) \cdot \frac{M(SUT)_{zn}}{M(SUT)_{za}} \cdot \frac{1}{N'(SUU)_0}$ ].

Zu- und Abgang entsprechen sich. Die neu sich bildenden Elemente haben eine dritte Verknüpfung erhalten; sie sind Glieder eines Aggregats im Rahmen eines Gleichgewichtssystems geworden.

( $\begin{smallmatrix} + & - & - \\ + & + & - \end{smallmatrix}$ ) Viertes Kontrollstadium (Symbol SUV)

Die intendierte Leistungserhöhung in Form von zusätzlichen Adoptoren im Elementbereich wird mit den Elementen der untergeordneten Umwelt in Kontakt gebracht (oberes Minuszeichen des Kürzels). Der ganze Aufnahmevorgang (ausgehend von dem System M der untergeordneten Umwelt) stellt sich als freier Gegenprozeß (unteres Minuszeichen) zum hineinführenden Prozeß (ausgehend von dem System N) dar. Die Adoptoren N und die dazu anregenden Elemente M stehen sich gegenüber und stimulieren sich dabei gegenseitig. Die Information wird nicht nur in das System M hinein, sondern auch durch dieses hindurch weitergeleitet. Die Zahl der Elemente wächst mit der Aufnahme und schrumpft mit der Abgabe der Information. Im Gegenzug wird materielle Energie, als Antwort auf die Nachfrage, aus der untergeordneten Umwelt herauf durch das System geführt. Da Aufnahme und Abgabe mit einer Zeitverzögerung vor sich gehen, entstehen Schwingungen, die durch die Lotka-Volterra-Gleichungen beschrieben werden. Sie sind in der Ökologie unter dem Begriff Räuber-

Beute-Beziehungen bekannt. Wir brauchen sie hier nicht abzuleiten (A. J. Lotka 1956). Die Adoptoren  $N(\text{SUV})$  entsprechen den Räubern. Der Anfangswert  $N(\text{SUV})_0$  ist vorgegeben. Der zweite Term reguliert den Zugang („Geburten“) mit der systeminternen Rate  $a(\text{SUV})$ , der dritte den Abgang („Sterbefälle“) mit der systeminternen Rate  $b(\text{SUV})$ . Beide werden durch die Veränderungsquotienten aus dem dritten Kontrollstadium ergänzt. Die Übernahme der Information, durch die auch der entgegengerichtete Energiefluß (= „Beute“)  $M(\text{SUV})_n$  in Gang gesetzt wird, wird im zweiten Term an diesen Adoptionsprozeß angekoppelt. Die Abgangsrate  $c(\text{SUV})$  dürfte etwa derjenigen der anregenden Adoptoren  $b(\text{SUV})$  entsprechen. Beide werden bei einer Strukturveränderung mit demselben Veränderungsquotienten  $\frac{N(\text{SUU})_{zn}}{N(\text{SUU})_{za}}$  multipliziert, da sie ja dieselben Adoptoren (oder intendierte Leistungserhöhung) meinen, während die Zugangsrate  $d(\text{SUV})$  durch die Konsistenz der untergeordneten Umwelt gesteuert wird.

$$N(\text{SUV})_n = N(\text{SUV})_{n-1} + \frac{N(\text{SUV})_{n-1} \cdot M(\text{SUV})_{n-1}}{a(\text{SUV}) \cdot \frac{M(\text{SUU})_{zn}}{M(\text{SUU})_{za}}} - \frac{N(\text{SUV})_{n-1}}{b(\text{SUV}) \cdot \frac{N(\text{SUU})_{zn}}{N(\text{SUU})_{za}}}$$

$$M(\text{SUV})_n = M(\text{SUV})_{n-1} + \frac{M(\text{SUV})_{n-1}}{d(\text{SUV})} - \frac{N(\text{SUV})_n \cdot M(\text{SUV})_{n-1}}{c(\text{SUV}) \cdot \frac{N(\text{SUU})_{zn}}{N(\text{SUU})_{za}}}$$

[ $N(\text{SUV})$  bzw.  $M(\text{SUV})$  bedeuten die Anzahl,  $a(\text{SUV})$  bzw.  $d(\text{SUV})$  die die Vermehrungsrate,  $b(\text{SUV})$  bzw.  $c(\text{SUV})$  die die Verminderungsrate der anregenden Adoptoren  $N(\text{SUV})$  bzw. der anzuregenden Elemente  $M(\text{SUV})$  regelnden Konstanten. Systeminterne Veränderungskonstanten  $a(\text{SUV}) \geq 1$ ,  $b(\text{SUV}) \geq 1$  und  $c(\text{SUV}) \geq 1$ ;  $a(\text{SUV}) > b(\text{SUV})$ ;  $d(\text{SUV}) \geq 1$  von unterer Umwelt abhängige Konstante; Veränderungsquotienten  $\frac{M(\text{SUU})_{zn}}{M(\text{SUU})_{za}} \geq 1$  und  $\frac{N(\text{SUU})_{zn}}{N(\text{SUU})_{za}} \geq 1$  aus dem vorhergehenden Stadium].

Durch diese Schwingungen werden die Veränderungen selbst festgelegt. Die Information und im Gegenzug die Energie werden proportions- oder quantenweise weitergegeben. Man könnte von Schwingungsgleichgewicht sprechen. Die Elemente haben eine vierte Verknüpfung erhalten; sie sind Glieder eines Nichtgleichgewichtssystems (oder eines dissipativen Systems, eines zielgerichteten Systems) geworden.

Im Überblick ergibt sich: Die vier Formeln schließen aneinander. In den beiden ersten werden die Werte jeweils akkumuliert (obere Pluszeichen), in den folgenden zwei Formeln nicht (obere Minuszeichen). Im ersten und dritten Stadium werden die Steigerungsraten von den vorher-

gehenden Prozessen übernommen (untere Pluszeichen), im zweiten und vierten Kontrollstadium dagegen ins Negative verkehrt (negativ-exponentiell bzw. Verminderungsrate; untere Minuszeichen). Es werden die verschiedenen Typen der Verknüpfung der Elemente zu übergeordneten Einheiten, d. h. zu Systemen deutlich (Tab. 6).

Kontrollstadien	Halbprozesse	Verknüpfung der Elemente	Charakterisierung der Funktionen
1	Gruppierung der Elemente	Elemente für sich	ungehemmt positiv-exponentiell
2		Merkmalsgruppe	S-förmig
3	Bildung der Systeme	Gleichgewichtssystem	glockenförmig
4		Nichtgleichgewichtssystem	Schwingungen

Tab. 6: Die Kontrollstadien und die mit ihnen verbundenen Strukturen

#### 2.4. Vierte Bindungsebene

In der vierten Bindungsebene wird der Ausgang des Elementbereichs im Detail festgelegt. Strukturell bedeutet dies den Übergang von der Ober- zur Unterseite der Elemente. Aus der dritten Bindungsebene wird die Menge der Elemente – dort stand die Oberseite zur Sprache – übernommen, oder, anders ausgedrückt, es werden die Elemente der Unterseite an die Elemente der Oberseite herangeführt. Die untere Umwelt mit ihren Materieressourcen – wie auch die übrigen Umwelten – können nur durch Kontakte erschlossen werden. Die Menge der Kontakte hängt von der in den anderen Bindungsebenen festgelegten Menge der Elemente ab sowie von der Gesamterstreckung der Kontaktfläche zu der <sup>3</sup>räumlichen Umwelt. Dies heißt, daß die <sup>3</sup>Raumaufweitung entsprechend der Gestalt und Konsistenz der Umwelt festgelegt wird. Hier werden die Adoptoren also in ihrer Eigenschaft als <sup>3</sup>Raumeinheit gesehen (Kap. 1.4.).

Diese <sup>3</sup>Raumaufweitung erfolgt wiederum in Stadien, die im Elementbereich angesiedelt sind und daher als Elementarstadien bezeichnet werden. Um eine Formalisierung vornehmen zu können, ist folgendes zu bedenken:

1. Die Nachfrage wird in dieser Bindungsebene <sup>3</sup>räumlich ausgeweitet. Dies bedeutet – bei einer Zunahme der Elementzahl –, daß der Elementbereich in seinem Volumen größer wird, d. h. die Elemente werden in die benachbarten Umwelten, zwischen deren Elemente, verbreitet. Besonders augenfällig ist die Kontaktfläche zur untergeordneten Umwelt, so daß der Energiefluß vergrößert werden kann. Die Formeln der dritten Bindungsebene bilden die Basis.
2. Wir gehen wieder von der Adoption ( $\frac{+}{+}$ ), drittes Aufgabenstadium ( $\frac{-}{+}$ ), aus und wählen hier das erste Kontrollstadium ( $\frac{+}{+}$ ), in dem die Elemente, d. h. also Adoptoren, für sich beschrieben werden (Abb. 2). In diesem Kontrollstadium lassen sich die Vorgänge am besten erkennen:

$N(\text{SUS})_{\text{za}}$  und  $N(\text{SUS})_{\text{zn}}$  werden aus der 3. Bindungsebene übernommen.

$$N(\text{SUSS})_n = N(\text{SUSS})_{n-1} + \frac{k'(\text{SUS}) \cdot N(\text{SUS})_{\text{zn}} - N(\text{SUSS})_{n-1}}{k(\text{SUSS}) \cdot \frac{N(\text{SUS})_{\text{zn}}}{N(\text{SUS})_{\text{za}}}} \quad N(\text{SUSS})_o > 0$$

$$N(\text{SUST})_n = N(\text{SUST})_{n-1} + k(\text{SUST}) + \frac{N(\text{SUSS})_{\text{zn}} - N(\text{SUSS})_{\text{za}}}{N(\text{SUSS})_{\text{za}}} \quad N(\text{SUST})_o > 0$$

$$N(\text{SUSU})_n = N(\text{SUSU})_{n-1} \cdot k(\text{SUSU}) \cdot \frac{N(\text{SUST})_{\text{zn}}}{N(\text{SUST})_{\text{za}}} \quad N(\text{SUSU})_o > 0$$

$$N(\text{SUSV})_n = N(\text{SUSV})_{n-1}^{a-b} \cdot k(\text{SUSV}) \cdot \frac{N(\text{SUSU})_{\text{zn}}}{N(\text{SUSU})_{\text{za}}} \quad N(\text{SUSV})_o > 0$$

Anfangswerte  $[N(\text{SUSS})_o, N(\text{SUST})_o, N(\text{SUSU})_o, N(\text{SUSV})_o]$  vorgegeben.

Veränderungskonstanten  $[k'(\text{SUS}), k(\text{SUSS}), k(\text{SUST}), k(\text{SUSU}), k(\text{SUSV})]$  systemintern, vorgegeben.

Raumdimension (a) und umweltabhängige Konstante (b) vorgegeben.

Endwert  $N(\text{SUS})_{\text{zn}}$  und Veränderungsquotienten  $\left[ \frac{N(\text{SUS})_{\text{zn}}}{N(\text{SUS})_{\text{za}}}, \frac{N(\text{SUSS})_{\text{zn}} - N(\text{SUSS})_{\text{za}}}{N(\text{SUSS})_{\text{za}}}, \frac{N(\text{SUST})_{\text{zn}}}{N(\text{SUST})_{\text{za}}} \right]$  aus der 3. Bindungsebene bzw. dem vorhergehenden Stadium übernommen.

Der letzte Endwert dieser Sequenz  $[N(\text{SUSV})_z]$  wird in der untergeordneten Umwelt festgelegt; er wird an den übergeordneten Prozeß in der 3. Bindungsebene weitergegeben.

Abb. 7: Die 4 Elementarstadien des 1. Kontrollstadiums des 3. Aufgabenstadiums der Adoption; die Formeln und ihre Verknüpfungen in der 4. Bindungsebene (Graphen vgl. Abb. 4d)

( $\frac{+}{+} \frac{-}{+} \frac{+}{+}$ ) Aufnahme in den Prozeß:

Adoptorzuwachs im vorgegebenen <sup>3</sup>Raum, d. h. die Dichte vergrößert sich. Dadurch Erhöhung der (Expansions-)Leistung insgesamt.

( $\frac{+}{+} \frac{-}{+} \frac{+}{+}$ ) Abgabe an die Ausführenden:

Übertragung des Leistungszuwachses auf jeden Adopter, damit erhöht sich die durchschnittliche (Expansions-)Leistung.

( $\frac{+}{+} \frac{-}{+} \frac{+}{+}$ ) Aufnahme durch die Ausführenden:

Dieser Wert wird in die vorgegebene Menge der Adoptoren eingebracht, es kommt zu deren Erhöhung.

( $\frac{+}{+} \frac{-}{+} \frac{+}{+}$ ) Abgabe an den folgenden Prozeß:

Die neue Elementmenge vergrößert den <sup>3</sup>Raum des Systems, expandiert.

Bei einer Strukturveränderung werden wiederum die Veränderungskonstanten k mit den Veränderungsquotienten  $\frac{N_{\text{zn}}}{N_{\text{za}}}$  aus der übergeordneten Bindungsebene bzw. den vorhergehenden Stadien multipliziert.

Die Ausgangswerte (Dichte, Leistung, Menge und Volumen) sind vorgegeben. Wie auch bei den anderen Bindungsebenen erfolgt die Messung in Elementeneinheiten (Kap. 1.1., 1.4.). Im einzelnen ergibt sich (Abb. 4d und 7):

( $\frac{+}{+} \frac{-}{+} \frac{+}{+}$ ) Erste Elementarstufe (Symbol SUSS)

Eine in der dritten Bindungsebene festgelegte Adoptorenmenge Oberseite wird in den <sup>3</sup>Raum der vorgegebenen Adoptorenmenge Unterseite gebracht (oberes Pluszeichen des Kürzels). So wird die Adoptorendichte durch die hereinkommenden neuen Elemente Oberseite erhöht (unteres Pluszeichen des Kürzels), d. h. die vorhandenen Elemente Unterseite werden durch die Elemente Oberseite verstärkt, so daß die Dichte sich erhöht und somit die potentielle Expansionsleistung des Systems steigt.  $N(\text{SUSS})_o$  ist die vorgegebene Elementzahl Unterseite,  $K(\text{SUSS}) - N(\text{SUSS})_o$  die neueingebrachte Anzahl Oberseite, wobei  $K(\text{SUSS}) = k'(\text{SUS}) \cdot N(\text{SUS})_{\text{zn}}$  bedeutet ( $k'(\text{SUS})$  ist eine Konstante).  $N(\text{SUS})_{\text{zn}}$  ist der Endwert aus der übergeordneten Bindungsebene. Der Steigerungsfaktor  $k(\text{SUSS})$  ist systemintern. Bei einer Strukturveränderung ist er mit dem Veränderungsquotienten  $\frac{N(\text{SUS})_{\text{zn}}}{N(\text{SUS})_{\text{za}}}$  zu multiplizieren. Als Formel ergibt sich das negativ-expo-

nentielle Wachstum.  $N(\text{SUSS})_n$  gibt also die Zahl der Adoptoren Ober- und Unterseite an, in Adoptoreneinheiten gemessen:

$$N(\text{SUSS})_n = N(\text{SUSS})_{n-1} + \frac{k'(\text{SUS}) \cdot N(\text{SUS})_{zn} - N(\text{SUSS})_{n-1}}{k(\text{SUSS}) \cdot \frac{N(\text{SUS})_{zn}}{N(\text{SUS})_{za}}}$$

[Anfangswert  $N(\text{SUSS})_0 > 0$ ; Endwert  $K(\text{SUSS}) = k'(\text{SUS}) \cdot N(\text{SUS})_z \geq N(\text{SUSS})_0$ . Veränderungskonstante  $k(\text{SUSS}) \geq 1$  systemintern; Veränderungsquotient  $\frac{N(\text{SUS})_{zn}}{N(\text{SUS})_{za}} \geq 1$  aus der 3. Bindungsebene].

( $\begin{smallmatrix} + & - & + & + \\ + & + & + & - \end{smallmatrix}$ ) Zweite Elementarstufe (Symbol SUST)

Übertragung der Dichteerhöhung auf die einzelnen Adoptoren Unterseite (unteres Minuszeichen des Kürzels), deren durchschnittliche potentielle Expansionsleistung  $N(\text{SUST})_n$  damit vergrößert wird. Die Funktion ist linear, da jedes Element nur nach und nach gleichmäßig Information aufnehmen kann. Bei einer Strukturveränderung wird der Veränderungsquotient  $\frac{N(\text{SUSS})_{zn} - N(\text{SUSS})_{za}}{N(\text{SUSS})_{za}}$  übernommen und zur systeminternen

Additionskonstante  $k(\text{SUST})$  addiert.  $N(\text{SUST})_n$  ist also die durchschnittliche Dichte als Maß für eine potentielle Expansionsleistung je Element:

$$N(\text{SUST})_n = N(\text{SUST})_{n-1} + k(\text{SUST}) + \frac{N(\text{SUSS})_{zn} - N(\text{SUSS})_{za}}{N(\text{SUSS})_{za}}$$

[Anfangswert  $N(\text{SUST})_0 > 0$ ; Endwert  $N(\text{SUST})_z \geq N(\text{SUST})_0$ . Veränderungskonstante  $k(\text{SUST}) \geq 0$ , systemintern; Veränderungsquotient  $\frac{N(\text{SUSS})_{zn} - N(\text{SUSS})_{za}}{N(\text{SUSS})_{za}} \geq 0$  aus vorhergehendem Stadium].

( $\begin{smallmatrix} + & - & + & + \\ + & + & + & + \end{smallmatrix}$ ) Dritte Elementarstufe (Symbol SUSU)

Jetzt fließt die Erhöhung der durchschnittlichen potentiellen Expansionsleistung je Element Unterseite  $N(\text{SUST})$  in die alte, vorgegebene Adoptormenge Unterseite  $N(\text{SUSU})_0$  hinein, d. h. sie wird in eine Erhöhung der in diesem Sinne angeregten Adoptoren  $N(\text{SUSU})_n$  umgesetzt (unteres Pluszeichen des Kürzels). Die systeminterne Veränderungskonstante  $k(\text{SUSU})$  regelt die Steigung des Graphen. So wird die erhöhte Anregung der einzelnen Adoptoren Unterseite auf die vorgegebene Gesamtmenge der Adoptoren Unterseite übertragen und somit dem System mitgeteilt. Es ist die schon früher (Formel SUS) behandelte Gleichung der positiv-exponentiellen Entwicklung; es erfolgt aber keine Addition der Werte, da die Abgabe der Information (Nachfrage) an die räumliche Umwelt vorbereitet wird (oberes Minuszeichen des Kürzels). Bei einer Struktur-

veränderung wird der Faktor  $k(\text{SUSU})$  mit dem Veränderungsquotienten  $\frac{N(\text{SUST})_{zn}}{N(\text{SUST})_{za}}$  multipliziert.  $N(\text{SUSU})_n$  ist also die Anzahl der Elemente (Adoptoren Unterseite) mit erhöhter potentieller Expansionsleistung:

$$N(\text{SUSU})_n = N(\text{SUSU})_{n-1} \cdot k(\text{SUSU}) \cdot \frac{N(\text{SUST})_{zn}}{N(\text{SUST})_{za}}$$

[Anfangswert  $N(\text{SUSU})_0 > 0$ ; Endwert  $N(\text{SUSU})_z \geq N(\text{SUSU})_0$ . Veränderungskonstante  $k(\text{SUSU}) \geq 1$  systemintern; Veränderungsquotient  $\frac{N(\text{SUST})_{zn}}{N(\text{SUST})_{za}} \geq 1$  aus vorhergehendem Stadium].

( $\begin{smallmatrix} + & - & + & - \\ + & + & + & - \end{smallmatrix}$ ) Vierte Elementarstufe (Symbol SUSV)

In diesem Stadium erfolgt die Entlastung der Elemente oder Adoptoren mit erhöhter potentieller Expansionsleistung. Damit vergrößert sich der von dem System beanspruchte <sup>3</sup> Raum. Die Werte erhöhen sich, kennzeichnen aber die Öffnung zur Umwelt und beinhalten so die (erhöhte) Abgabe der Information, d. h. der Nachfrage (oberes Minuszeichen des Kürzels; vgl. Formel SUSU). Die Ausbreitung erfolgt von einem Punkt, dem Initialort aus. Zur exponentiellen Ausbreitung (Steigerungskonstante  $k$ ) kommt ein potentieller Zuwachs (Exponent  $a$ ) (unteres Minuszeichen des Kürzels), d. h. generell also:

$$N_n = N_{n-1} \cdot k^a$$

Hierbei bedeutet  $N_n$  die Anzahl der Elemente als Raumeinheit, also nicht der Inhalt des Raumes des Gesamtsystems. Auf das System als zentral-peripher aufgebaute Struktur bezogen würde damit der Radius wiedergegeben. Der Ausbreitungsvorgang wird sowohl von der geometrischen Struktur als auch von der Konsistenz der umgebenden Systeme bestimmt. Ist die geometrische Struktur der dreidimensionale Raum – wie in der bisherigen Darstellung angenommen –, dann ist der Exponent  $a = 2$  (vgl. Newton'sches Massenwirkungsgesetz). Führt der Prozeß aber in eine Ebene (also den <sup>2</sup> Raum wie die Erdoberfläche) hinein, so ist der Exponent  $a = 1$ . Dann entspricht diese Formel der Ausbreitung, wie sie in der Formel SUSU ohne Exponent (Diffusionsvorgänge) formalisiert erscheint.

Daneben ist die Konsistenz der Materie der Umwelt zu betrachten, d. h. die Art, wie der Prozeß aufgenommen wird. Wird z. B. von den die Information übernehmenden Elementen oder von konkurrierenden Systemen die Umwelt eingeeengt, so ist die Weitwirkung des hier behandelten Systems geringer, d. h. der Exponent ist kleiner als 2. Ist er kleiner als 1, führt der Prozeß in eine Ebene hinein und wird zudem durch die Konsistenz der Elemente oder konkurrierender Nachbarsysteme behindert.

Dies drückt sich darin aus, daß die Kurve sich auf einem Niveau parallel zur Abszisse stabilisiert. Es kann auch sein, daß von den Elementen der Umwelt der Prozeß begünstigt wird; dann können die Werte zwischen 1 und 2 sein, wenn der Prozeß in eine Ebene führt, und über 2, wenn er in einen dreidimensionalen Raum gebracht wird. Im letzteren Fall würde dann keinerlei Begrenzung erkennbar sein, d. h. die Prozesse würden sich nicht in einem bestimmten Niveau stabilisieren. Der den Raum charakterisierende Exponent  $a = 2$  bzw.  $a = 1$  wird durch einen die Konsistenz der Materie kennzeichnenden Diminuenden  $b$  ergänzt. Der Faktor  $k(\text{SUSV})$  ist systemintern; er wird mit dem in dem vorhergehenden Stadium ermittelten Veränderungsquotienten  $\frac{N(\text{SUSV})_{zn}}{N(\text{SUSV})_{za}}$  multipliziert. So ergibt sich, wobei  $N(\text{SUSV})_n$ , wie gesagt, den Radius der Fläche bzw. des Volumens wiedergibt:

$$N(\text{SUSV})_n = N(\text{SUSV})_{n-1}^{a-b} \cdot k(\text{SUSV}) \cdot \frac{N(\text{SUSV})_{zn}}{N(\text{SUSV})_{za}}$$

[Anfangswert  $N(\text{SUSV})_0 > 0$ ; Endwert  $N(\text{SUSV})_z \geq N(\text{SUSV})_0$ . Veränderungskonstante  $k(\text{SUSV}) \geq 1$  systemintern; Veränderungsquotient  $\frac{N(\text{SUSV})_{zn}}{N(\text{SUSV})_{za}} \geq 1$  aus vorhergehendem Stadium; Exponent  $a = 1$  oder 2 (vorgegebene Raumdimension); Exponent  $b < 1$  von unterer Umwelt abhängige Konstante].

Der tatsächliche Endwert  $N(\text{SUSV})_z$  legt den Endwert des übergeordneten Prozesses (SUS) fest.

Durch die Erweiterung des <sup>3</sup> Raumes (oder <sup>2</sup> Raumes) wurde auch die Einbeziehung der zusätzlichen Energie in das System ermöglicht, die in

Elementarstadien	Halbprozesse	Festlegung der Eigenschaften	Charakterisierung der Funktionen
1	Aufnahme in den Prozeß	Verdichtung	negativ-exponentiell
2		Leistungserhöhung je Adopter	linear
3	Ausführung	Diffusion	positiv-exponentiell
4		Expansion	positiv-exponentiell / potentiell

Tab. 7: Die Elementarstadien und die in ihnen dargestellten Kenngrößen

den folgenden Prozessen, d. h. den Hauptstadien Produktion, Konsum und Reproduktion benötigt wird. Die Vorgänge sind in Tab. 7 zusammengestellt.

### 3. Schlußbemerkungen

In der Arbeit wurde ein Profil durch die vier Bindungsebenen gelegt, mit jeweils einem viergliedrigen Prozeß als Beispiel. Im vertikalen Spannungsfeld werden in den einzelnen Bindungsebenen Dichte, Leistung, Anzahl der Elemente und <sup>3</sup> Raum des Systems festgelegt. Im einzelnen verlaufen die Prozesse so, daß die Zielwerte von oben als Veränderungsquotienten in die Bindungsebene gelangen, so daß die jeweiligen Prozesse angeregt werden und in vier Stadien ablaufen können. Die tatsächlich erreichten Endwerte des letzten Stadiums gelangen dann wieder nach oben in die Prozesse der jeweils übergeordneten Bindungsebenen und markieren dort den realen Endwert. So umschreibt jeder Prozeß eine Schleife und erhält auf diese Weise seine obere und untere Begrenzung. Dabei werden auch die Kontakte mit der übergeordneten, der vorhergehenden, der untergeordneten bzw. der <sup>3</sup> räumlichen Umwelt geklärt. Das System wird nach dem Prozeß wieder stabilisiert.

Hiermit scheint auch zusammenzuhängen, daß – wie in einer früheren Publikation bereits dargelegt (D. Flidner 1984, S. 95 f) – in den Bindungsebenen die Eindeutigkeit, mit der sich die Übergänge zu den folgenden Prozessen ereignen, unterschiedlich ist; sie nimmt von der ersten bis zur vierten Bindungsebene zu: Während in der ersten Bindungsebene nicht vorhersehbar ist, ob das Angebot der Nachfrage entspricht, vollziehen sich in der zweiten Bindungsebene die Übergänge bereits mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit. Für die dritte Bindungsebene kennzeichnen Schwinungen den Übergang, und erst in der vierten Bindungsebene sind die Prozesse in jedem Schritt im voraus klar definierbar. Dementsprechend kann der Verlauf der Prozesse als quasiprobabilistisch, probabilistisch, quasideterministisch bzw. deterministisch bezeichnet werden.

Wie werden die Prozeßsequenzen im horizontalen Spannungsfeld verkoppelt?

Induktionsprozeß (bestehend aus Adoption und Produktion) und Reaktionsprozeß (unterteilbar in Konsum und Reproduktion) bilden, wie gezeigt, einen vollständigen Prozeß, und zwar in der ersten Bindungsebene. In der zweiten Bindungsebene erfolgt die Aneinanderkopplung der Aufgabenstadien dadurch, daß das vierte Stadium des ersten Hauptstadiums zeitgleich mit dem ersten Stadium des folgenden Hauptstadiums ist, wobei die Aufgabenstadien des ersten Hauptstadiums in umgekehrter Anordnung



(wenn auch sicher mit veränderten Werten) wiederkehren, d. h. der Induktionsprozeß besteht aus sieben Aufgabenstadien. Diese siebengliedrigen Prozeßsequenzen müssen vollständig durchlaufen werden, wenn der Prozeß wirkungsvoll sein soll. In dem anschließenden Reaktionsprozeß – der ebenfalls aus sieben Aufgabenstadien besteht – wird die Struktur von hinten her wiederum durchlaufen und dabei die Änderung durchgeführt und stabilisiert. Der Prozeß hat, da das letzte Aufgabenstadium des Induktionsprozesses und das erste Aufgabenstadium des Reaktionsprozesses sich wiederum überlappen, dreizehn Stadien.

Die Systeme ordnen sich entsprechend den Prozeßsequenzen zu strukturellen Mustern, so zu siebengliedrigen Hierarchien sowie (<sup>2</sup> räumlichen oder <sup>3</sup> räumlichen) konzentrisch aufgebauten Systemen mit sieben Ringen bzw. Schalen (D. Fliedner 1981a und b). In der Anthropogeographie könnte man als Beispiele den hierarchischen Aufbau der Populationen bzw. das Stadt-Umland-System nennen. Es erfolgt also eine Umsetzung vom zeitlichen Nacheinander zum hierarchischen Übereinander oder zum (zwei- oder dreidimensionalen) räumlichen Nebeneinander. Auf diese interessanten, auch im Hinblick auf das Verständnis des vierdimensionalen Raumes wichtigen, Probleme kann hier nicht eingegangen werden (I. Prigogine und S. Pahl 1985, S. 26 f.). Die Chaosforschung mag hier weiterführen.

Vordringlich erscheint nun, die noch fehlenden Gleichungen zu entwickeln (Kap. 2.0.). Obwohl diese Arbeiten erst in den Anfängen stecken (D. Fliedner 1984; 1985), zeigt sich bereits, daß eine Reihe bekannter Formeln, die z. B. in der Informationstheorie („Transinformation“), der Populationsbiologie („Logistische Gleichung“), der Geographie („Weitwirkung“), der Physik („Lorentz-Kontraktion“) und der Wahrscheinlichkeitsrechnung („Binomialverteilung“) eine Rolle spielen, einbezogen werden müssen. Durch sie werden Eigenschaft, Zusammenhänge und Vorgänge in den verschiedensten (physikalisch-chemischen, biologischen, sozialen) Medien und Größenordnungen beschrieben. Betrachtet man diese in ihrem Kontext, als Glieder von Strukturen und Prozessen, denen in der Systematik eine spezifische Position zukommt, könnte man sie auch umgekehrt zur Identifizierung und Charakterisierung der Ganzheiten heranziehen.

In dieser Arbeit wurde ein Basismodell vorgestellt. Das System hat in diesem Fall nur einen Eingang und einen Ausgang. Systeme dieser Art können sich zu komplexen Gebilden (multivariablen Systemen) zusammenfügen, wie sie uns in der Praxis begegnen. Andererseits dürfte aber auch innerhalb des Rahmens der insgesamt zu erwartenden 340 Beziehungen Kombinationen von verschiedenen Formeln möglich und als komplexe (Teil-)Systeme zu interpretieren sein; denn auch die Elemente selbst sind ja wieder (Nichtgleichgewichts-)Systeme niedriger Ordnung.

Generell ist hervorzuheben, daß bei diesen Arbeiten nur die strukturellen Aspekte der Systeme angesprochen werden, nicht die inhaltlichen. In diesem Sinne wurde der Fall beschrieben, daß die Prozesse von einer von oben, der übergeordneten Umwelt hereinkommenden „Störung“, also einer Information ausgehen. Dies führt zur Änderung der Struktur des Systems, denn alle Elemente werden in gleicher Weise angeregt, so daß sich das ganze System nach einheitlichem Gesichtspunkt oder Plan umformen kann. Berücksichtigt man nur diesen Weg, gelangt man natürlich zu einer Idealkonzeption. Tatsächlich wird aber durch die inhaltliche Eigenart der umzuformenden Materie der Ablauf der Prozesse und der Aufbau von Mustern individuell umgeprägt. Die Elemente sind ja Systeme niedriger Ordnung mit eigener Dynamik und individuellem Verhalten in ihren spezifischen Umwelten. Das Inhaltliche bildet den Gegenpart zum Strukturellen. Dadurch erhalten Evolution und Geschichte ihre spezifische Ausbildung, die Ereignisse werden daher nur schwer prognostizierbar.

Weitere Untersuchungen sind nötig, um die verschiedenen bereits bestehenden Ansätze zu einer einheitlichen Theorie zu verschmelzen. Ein vorläufiges Ziel könnte ein Modell des <sup>4</sup> Raumes sein, das sich aus den 340 Funktionen zusammensetzt; in ihm ließen sich – vielleicht inhaltlich begründbare – „Störungen“ an beliebiger, genau definierbarer Stelle einbringen, so daß die Abhängigkeiten transparent würden. Nach den in dieser Arbeit gemachten Vorgaben müßte dies in absehbarer Zeit möglich sein.

## Literatur

- FLIEDNER, D. (1981a): Zum Problem des vierdimensionalen Raumes. Eine theoretische Betrachtung aus historisch-geographischer Sicht. In: *Philosophia Naturalis* 18, S. 388–412.
- FLIEDNER, D. (1981b): *Society in Space and Time; An attempt to provide a theoretical foundation from an historical geographic point of view.* = *Arbeiten a. d. Geogr. Institut d. Universität d. Saarlandes*, Bd. 31. Saarbrücken.
- FLIEDNER, D. (1984): *Umriss einer Theorie des Raumes; Eine Untersuchung aus historisch-geographischem Blickwinkel.* = *Arbeiten a. d. Geogr. Institut d. Universität d. Saarlandes*, Bd. 34. Saarbrücken.
- FLIEDNER, D. (1985): *Basic ideas about the formation of a system.* Manuskript, 39 Seiten.
- LOTKA, A. J. (1956): *Elements of mathematical biology.* New York (Dover).
- MÜLLER, P. (1981): *Arealsysteme und Biogeographie.* Stuttgart (Ulmer).



PRIGOGINE, I. und S. PAHAUT (1985): Die Zeit wiederentdecken. In: Zeit, die vierte Dimension (Hrsg. Michel Baudson). Katalog zur Ausstellung in der Kunsthalle Mannheim. Weinheim (Acta Humaniora). S. 23–33.

RÖHLER, R. (1973): Biologische Kybernetik. Regelungsvorgänge in Organismen. Stuttgart (Teubner).

SCHWARZ, R. (1981): Informationstheoretische Methoden. = Geomod 2. Paderborn (Schöningh).

WIENER, N. (1968): Kybernetik; Regelung und Nachrichtenübertragung in Lebewesen und Maschine. Reinbek bei Hamburg (Rowohlt).

Prof. Dr. D. Fliedner  
Fachrichtung Geographie  
der Universität  
D-6600 Saarbrücken

#### Mitteilungen des Verlages

Alle Zuschriften, die Bezug und Insertion betreffen, bitten wir zu richten an den  
Verlag Anton Hain Meisenheim, Postfach 67, D-6554 Meisenheim/Glan.

Alle Zuschriften redaktioneller Art sowie Anfragen wegen Besprechungsexemplaren an die Redaktion

Herrn Professor Dr. Joseph Meurers  
Direktor a.D. der Universitäts-Sternwarte Wien  
Honorarprofessor für Philosophie an der Universität Salzburg  
D-8211 Schleching-Ettenhausen, Schlechingerstr. 7.

Die Redaktion bittet darum, allen Anfragen Rückporto beizufügen und vor der Einsendung von Manuskripten erst Rückfrage zu halten. Für unverlangt eingesandte Manuskripte übernimmt die Redaktion keine Gewähr. Auch für unverlangt eingesandte Besprechungsexemplare wird keine Haftung übernommen, sie werden auch nicht zurückgesandt.

Der Verlag liefert den Autoren als Vergütung für jeden Beitrag 30 Sonderdrucke. Weitere Sonderdrucke können gegen Bezahlung bezogen werden, wenn sie rechtzeitig vor dem Druck des betreffenden Heftes beim Verlag bestellt werden. Alle Bestellungen und Anfragen wegen der Sonderdrucke bitten wir unmittelbar an den Verlag zu richten.

Je vier Hefte der Philosophia Naturalis bilden einen Band, mit einem Umfange von etwa 512 Seiten, jährlich 145,— DM. Die Abnahme des ersten Heftes eines Bandes verpflichtet zur Abnahme des ganzen Bandes. Einzelhefte können, soweit verfügbar, zum Preis von 39,50 DM bezogen werden. Der gleiche Preis gilt auch für den Bezug von früheren Heften und Bänden dieser Zeitschrift. Die Lieferung erfolgt auf Kosten und Gefahr des Empfängers, Erfüllungsort ist Meisenheim am Glan.

#### Goethes Bedeutung für das Verständnis der heutigen Evolutionsbiologie

von E. LIEB, Schwerte

für Prof. H. J. Becker zum 60. Geburtstag

1. Einleitung: Evolutionsbiologische Ideen bei Goethe?
2. Goethes Methode der vergleichenden Anatomie als Kritik am panglossischen Paradigma
  - 2.1. Kritik an willkürlicher Atomisierung
  - 2.2. Der Etat des Bildungstriebes und Allometrien des Wachstums
  - 2.3. Absage an teleologische Sprech- und Erklärungsweisen
  - 2.4. Goethes Beitrag zur Wissenschaftspsychologie: Über Ursachen teleologischen Denkens
3. Wirkungsgeschichte von Goethes Methode der vergleichenden Anatomie
  - 3.1. Einflüsse der Zeitgenossen auf Goethes osteologische Arbeiten
  - 3.2. Goethe, Darwin und die angelsächsische Tradition der Evolutionsbiologie
  - 3.3. Zitiert und nicht gelesen? Gelesen und nicht verarbeitet? Goethes Wirkung in der deutschen Biologie
  - 3.4. Goethes Kritik am Begriff des „Bauplans“ — einst und jetzt
4. Schluß: Innere Logik und Eleganz

#### 1. Einleitung: Evolutionsbiologische Ideen bei Goethe?

Was auch heute noch bei der Lektüre von Goethes morphologischen Schriften beeindruckt, ist dies: wie groß der Beitrag Goethes zum Verständnis der modernen Biologie, genauer gesagt, zum Verständnis der heutigen Evolutionsbiologie sein kann.

Auf den ersten Blick erscheint diese Behauptung widersinnig; denn in Goethes gesamtem naturwissenschaftlichen Werk gibt es keine Stelle, aus der man mit Sicherheit ablesen könnte, daß er evolutionsbiologische Ideen vertreten hätte. Man lasse sich nicht täuschen, wenn Goethe gelegentlich den Begriff „Evolution“ gebraucht (z.B. in LA 1,9: S. 100,6<sup>1</sup>).

- 1 Zitiert wird Goethe zumeist nach der im Auftrage der Leopoldina, der Deutschen Akademie der Naturforscher in Halle, von W. Engelhardt, D. Kuhn und anderen herausgegebenen und in Weimar erschienenen sog. „Leopoldina-Ausgabe“ von Goethes Schriften zur Naturwissenschaft: insbesondere die Bände 9 (1954) mit den von Goethe noch selbst von 1817 bis 1824 veröffentlichten „Heften zur Morphologie“ und 10 (1964) mit den aus dem Nachlaß stammenden „Aufsätzen, Fragmenten und Studien zur Morphologie“ werden hier zu Rate gezogen, daneben aber auch die Aphorismen „Über Naturwissenschaft im Allgemeinen. Einzelne Betrachtungen und Aphorismen“ aus dem 11. Band des Textteils der Leopoldina-Ausgabe. Einige Zitate stammen aus dem von Dorothea Kuhn 1977 herausgegebene-